



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV INFORMATIKY

INSTITUTE OF INFORMATICS

**UPLATNĚNÍ STATISTICKÝCH METOD PŘI ŘÍZENÍ
SKLADOVÝCH ZÁSOB**

THE USE OF STATISTICAL METHODS IN INVENTORY MANAGEMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matej Šulán

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. Veronika Novotná, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav informatiky
Student: **Matej Šuřan**
Studijní program: Kvantitativní metody v ekonomice
Studijní obor: Matematické metody v ekonomice
Vedoucí práce: **Mgr. Veronika Novotná, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Uplatnění statistických metod při řízení skladových zásob

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Cíle práce, metody a postupy zpracování
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu
Vlastní návrhy řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Cílem práce je pomocí uplatnění statistických metod optimalizovat řízení zásob vybrané firmy.

Základní literární prameny:

HINDLS, R. Statistika pro ekonomy. 8. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. 415 s. ISBN 978-80-86946-43-6.

HINDLS, R., S. HRONOVÁ a J. SEGER. Statistika pro ekonomy. 4. dopl. vyd. Praha: Professional Publishing, 2003. ISBN 80-86419-52-5.

KROPÁČ, J. Statistika B. 2. dopl. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2009. 151 s. ISBN 978-80-214-3295-6.

KROPÁČ, J. Statistika C. 2. dopl. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2009. 162 s. ISBN 978-80-7204-789-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně dne 28.2.2017

L. S.

doc. RNDr. Bedřich Půža, CSc.
ředitel

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa zaoberá uplatnením štatistických metód pri riadení skladových zásob vo vybranej firme. Práca je rozdelená do troch častí. V prvej časti je súhrn potrebných znalostí ohľadom regresnej analýzy, časových radov a riadenia zásob. Tieto znalosti sú aplikované na údaje o skladových zásobách v druhej časti práce. Tretia časť obsahuje návrhy, ktoré pomôžu firme optimalizovať skladovú politiku.

Abstract

This bachelor thesis is focused on the use of statistical methods in inventory management in the specific company. The thesis is divided into three main parts. The first part is focused on a summary of essential knowledge of regression analysis, time series and inventory management. This knowledge is applied on the real data of inventory of the company in the second part of the thesis. The third part is focused on the suggestions that will help optimize stock policy of the company.

Kľúčové slová

Riadenie zásob, regresná analýza, časové rady, predpoveď dopytu, poistná zásoba.

Key words

Inventory management, regression analysis, time series, demand forecasting, safety stock.

Bibliografická citácia

ŠULAN, M. *Uplatnění statistických metod při řízení skladových zásob*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2017. 76 s. Vedoucí bakalářské práce
Mgr. Veronika Novotná, Ph.D..

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že predložená bakalárska práca je pôvodná a spracoval som ju samostatne.
Prehlasujem, že citácie použitých prameňov sú úplné, že som vo svojej práci neporušil autorské práva (v zmysle Zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

V Brne dňa 1. júna 2017

.....

Podpis študenta

Pod'akovanie

Rád by som poďakoval vedúcej bakalárskej práce Mgr. Veronike Novotnej, Ph.D. za cenné rady a pripomienky pri vedení bakalárskej práce.

OBSAH

1	TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE	12
1.1	Regresná analýza.....	12
1.1.1	Základné pojmy	12
1.1.2	Regresný model	13
1.1.3	Lineárna regresia.....	15
1.1.4	Významnosť koeficientov	16
1.2	Časové rady.....	16
1.2.1	Základné pojmy a rozdelenie	16
1.2.2	Modelovanie časového radu	17
1.3	Riadenie zásob	18
1.3.1	Význam zásob.....	18
1.3.2	Obsah riadenia zásob	19
1.3.3	Predpoveď dopytu.....	20
1.3.4	Riadenie zásob pri nezávislom rovnomernom dopyte	21
1.3.5	Čerpanie zásoby položky v jednom cykle	22
1.3.6	Určenie poistnej zásoby	23
2	ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU.....	26
2.1	Vybraná firma	26
2.1.1	Skladové zásoby	26
2.2	PL 25x2000x6000 SPEC2.....	27
2.2.1	Analýza za rok 2016	27
2.2.2	Norma poistnej zásoby.....	32
2.3	PL 15x2000x6000 SPEC2.....	37
2.3.1	Analýza za rok 2016	37
2.3.2	Norma poistnej zásoby.....	41
2.4	PL 30x2000x6000 SPEC2.....	45
2.4.1	Analýza za rok 2016	45
2.4.2	Norma poistnej zásoby.....	49
3	VLASTNÉ NÁVRHY A RIEŠENIA	54
3.1	Zhrnutie analýzy.....	54
3.2	Vlastné návrhy riešenia	57

3.3 Program	58
ZÁVER	67
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	68
ZOZNAM GRAFOV	69
ZOZNAM TABULIEK	69
ZOZNAM OBRÁZKOV	70
ZOZNAM PRÍLOH.....	70

ÚVOD

V trhovej ekonomike každú firmu ovplyvňuje tlak zo strany konkurencie. Schopnosť flexibilne sa prispôbiť požiadavkám zákazníka dnes patrí medzi rozhodujúce prvky úspechu. Za účelom flexibilného reagovania na meniace sa potreby zákazníkov si mnoho výrobných firiem buduje skladové zásoby materiálu, čo významným spôsobom ovplyvňuje ich konkurencieschopnosť, ale zároveň aj finančnú situáciu. Z tohto dôvodu si riadenie zásob vyžaduje vysokú pozornosť a kvalifikované rozhodovanie.

Jedným z nástrojov, ktorý môže výrazne pomôcť k efektívnemu riadeniu zásob, je štatistika. Vybrané štatistické metódy aplikované v tejto práci nachádzajú uplatnenie v prípadoch, keď má firma veľký počet zákazníkov, ktorých potreby prichádzajú spravidla náhodne. V takom prípade je pre firmu náročné predpokladať, aký počet zásob bude v budúcnosti potrebovať. Vybrané štatistické metódy sú založené na identifikácii vzorca predchádzajúcej spotreby, na základe ktorého dokážu s určitou mierou odchýlky predikovať budúcu spotrebu. V prípadoch, keď perióda budúcej spotreby zodpovedá periódam z minulosti, majú informácie získané pomocou nich pomerne vysokú hodnotu.

Vybrané štatistické metódy dávajú manažmentu výrobnej firmy odpovede na otázky: „*Kedy dôjde k vyčerpaniu zásob?*“, „*Kedy treba vystaviť novú objednávku?*“, „*Aká má byť výška poistnej zásoby?*“. Odpovede na ne sú z hľadiska plánovania veľmi dôležité. Môžu firme ušetriť nielen množstvo finančných prostriedkov, ale aj času, a pomôcť k celkovej spokojnosti zákazníka, a tým aj k zvýšeniu podielu na trhu.

CIEĽ PRÁCE, METÓDY A POSTUPY SPRACOVANIA

Cieľom tejto práce je analyzovať súčasnú situáciu skladových zásob vybranej firmy a navrhnúť spôsob ich optimálneho riadenia pomocou štatistických metód za účelom flexibilnej reakcie na meniace sa požiadavky zákazníkov. Ako prostriedok pre dosiahnutie tohto cieľa bude slúžiť vytvorený program, ktorý vykonáva analýzu riadenia zásob.

V prvej časti práce sú sformulované teoretické východiská týkajúce sa vybraných štatistických metód a riadenia zásob, pričom je kladený dôraz na riadenie zásob pri nezávislom dopyte. V ďalšej je predstavená vybraná firma, ktorá poskytla dáta o spotrebe svojich skladových položiek pre potreby tejto práce. Na nich sú následne aplikované teoretické znalosti z prvej časti a vykonaná analýza riadenia zásob za predchádzajúce obdobie.

Hlavným nástrojom analýzy predchádzajúceho obdobia je lineárna regresia, ktorá dáva odpoveď na otázku: „*Kedy by došlo k vyčerpaniu zásob?*“. Ďalšími použitými štatistickým metódami sú výberový priemer a výberový rozptyl, ktoré umožňujú predpovedať budúci dopyt, na základe ktorého je pomocou ďalších štatistických metód stanovená norma poistnej zásoby a bod novej objednávky. Tým sú zodpovedané otázky: „*Kedy treba vystaviť novú objednávku?*“ a „*Aká má byť výška poistnej zásoby?*“. Na jednotlivé výpočty sú použité vzorce z teoretickej časti a softvér Matlab R2016a.

V poslednej časti sú zhrnuté informácie získane z predchádzajúcej analýzy a vzhľadom k nim sú stanovené návrhy na zlepšenie a zefektívnenie riadenia zásob do budúcnosti. Ďalej je predstavený program, ktorý je schopný celú analýzu za minulé obdobie vykonávať a na jej základe vypočítať normu poistnej zásoby a bod novej objednávky. Program by mal firme pomôcť optimalizovať riadenie zásob a ušetriť čas niektorým jej zamestnancom.

1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE

1.1 Regresná analýza

Hlavným pilierom tejto práce je regresná analýza. Skôr ako sa k nej dostaneme, musíme najprv zadať určité pojmy z pravdepodobnosti a štatistiky, ktoré pri regresnej analýze často používame.

1.1.1 Základné pojmy

Náhodná veličina

Označme symbolom Ω priestor *elementárnych javov* a jednotlivé výsledky nejakých pokusov symbolom ω . Predpokladajme na priestore Ω σ -algebru jeho podmnožín, ktorú označíme \mathcal{F} . Jednotlivým množinám z \mathcal{F} sa potom pripisuje určitá pravdepodobnosť pomocou pravdepodobnostnej mieru P . Trojica (Ω, \mathcal{F}, P) sa nazýva *pravdepodobnostný priestor*. Nech R je reálna priamka, \mathcal{B} systém borelovských podmnožín a $Y(\omega)$ merateľná funkcia z (Ω, \mathcal{F}, P) do (R, \mathcal{B}) . Tak potom $Y(\omega)$ sa nazýva **náhodná veličina** (značíme Y). (1)

V nasledujúcich teoretických východiskách budeme používať pojem *strednej hodnoty* náhodnej veličiny Y , ktorú budeme značiť EY . Definujeme ju ako $EY = \int_{\Omega} Y(\omega) dP(\omega)$.

Označme *rozptyl* náhodnej veličiny symbolom σ^2 . Potom preň platí $\sigma^2 = E(Y - EY)^2$. Pre zdôraznenie, že sa jedná o rozptyl náhodnej veličiny Y môžeme miesto σ^2 písať $\text{var } Y$. (1)

Náhodný vektor

Majme na pravdepodobnostnom priestore (Ω, \mathcal{F}, P) dané náhodné veličiny Y_1, \dots, Y_n . Potom vektor $\mathbf{Y} = (Y_1, \dots, Y_n)^T$ nazývame **náhodným vektorom**. (1)

Ak existujú stredné hodnoty EY_1, \dots, EY_n , tak potom $E\mathbf{Y} = (EY_1, \dots, EY_n)^T$ nazveme *strednou hodnotou náhodného vektora* \mathbf{Y} .

Označme $\text{var } \mathbf{Y}$ *variačnú maticu náhodného vektora* \mathbf{Y} . Platí $\text{var } \mathbf{Y} = E[(\mathbf{Y} - E\mathbf{Y})(\mathbf{Y} - E\mathbf{Y})^T]$. (1)

1.1.2 Regresný model

Majme Y_1, \dots, Y_n náhodné veličiny, náhodný vektor $\mathbf{Y} = (Y_1, \dots, Y_n)^T$ a maticu daných čísel $\mathbf{X} = [x_{ij}]$ typu $n \times k$ a $k < n$. Predpokladajme, že platí:

$$(i.) \quad \mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{e},$$

pričom $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_k)^T$ je vektor neznámych parametrov a $\mathbf{e} = (e_1, \dots, e_n)^T$ je vektor náhodných veličín splňujúci

$$(ii.) \quad E\mathbf{e} = \mathbf{0},$$

$$\text{var } \mathbf{e} = \sigma^2 \mathbf{I},$$

kde \mathbf{I} je jednotková matica a σ^2 je tiež neznámy parameter. (1)

Potom model

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{e} \quad (1.1)$$

$$E\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \quad (1.2)$$

$$\text{var}\mathbf{Y} = \text{var}\mathbf{e} = \sigma^2 \mathbf{I} \quad (1.3)$$

sa nazýva **lineárny regresný model** a označuje sa $\text{LRM}(\mathbf{Y}, \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}, \sigma^2 \mathbf{I})$. Matica \mathbf{X} sa nazýva matica plánu. Pri $h(\mathbf{X}) = k$ sa jedná o model plnej hodnosti, pri $h(\mathbf{X}) < k$ model neúplnej hodnosti. Ďalej uvažujeme už len model plnej hodnosti. (2)

Neznáme parametre β_1, \dots, β_k je možné odhadnúť metódou najmenších štvorcov (ďalej len MNŠ). Označme $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ odhad parametru $\boldsymbol{\beta}$ MNŠ, kde neznáme parametre hľadáme ako minimum výrazu $(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})^T (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})$. Z MNŠ dostávame odhad

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y}. \quad (1.4)$$

Platí, že $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ je najlepším nestranným lineárnym odhadom $\boldsymbol{\beta}$. Tiež platí, že $\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}$ je najlepšou predikciou \mathbf{Y} . (2)

Rozdelenie parametrov.

Nech \mathbf{e} má normálne rozdelenie, potom \mathbf{Y} má tiež normálne rozdelenie. Platí

$$\mathbf{e} \sim N_n(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I}), \mathbf{Y} \sim N_n(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}, \sigma^2 \mathbf{I}). \quad (1.5)$$

Pre strednú hodnotu a variačnú maticu odhadu $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ máme

$$E\hat{\boldsymbol{\beta}} = \boldsymbol{\beta}, \quad (1.6)$$

$$\text{var}\widehat{\boldsymbol{\beta}} = \sigma^2(\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}. \quad (1.7)$$

$\widehat{\boldsymbol{\beta}}$ má potom mnohorozmerné normálne rozdelenie

$$N_k(\boldsymbol{\beta}, \sigma^2(\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}). \quad (1.8)$$

Závislosť v LRM($\mathbf{Y}, \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}, \sigma^2\mathbf{I}$)

Reziduálny súčet štvorcov.

Pripomeňme, že $\widehat{\mathbf{Y}} = \mathbf{X}\widehat{\boldsymbol{\beta}}$ je aproximáciou vektoru $\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{e}$.

Veličina

$$S_e = (\mathbf{Y} - \widehat{\mathbf{Y}})^T(\mathbf{Y} - \widehat{\mathbf{Y}}) \quad (1.9)$$

sa nazýva reziduálny súčet štvorcov a platí preň:

$$S_e = \mathbf{Y}^T\mathbf{Y} - \widehat{\boldsymbol{\beta}}^T\mathbf{X}^T\mathbf{Y}. \quad (1.10)$$

Náhodná veličina s^2 , pre ktorú platí:

$$s^2 = \frac{S_e}{n - k}, \quad (1.11)$$

je nestranným odhadom parametru σ^2 .

Teoretický súčet štvorcov

Veličina S_T , pre ktorú platí:

$$S_T = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}), \quad (1.12)$$

sa nazýva teoretický súčet štvorcov, pričom \bar{Y} je výberový priemer, ktorý počítame ako:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i. \quad (1.13)$$

Koeficient determinácie

Pomocou teoretického súčtu a reziduálneho súčtu štvorcov je možné vypočítať koeficient determinácie regresného modelu.

$$R^2 = 1 - \frac{S_e}{S_T}. \quad (1.14)$$

Koeficient nadobúda hodnoty z intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Čím je hodnota R^2 bližšia k jednej, tým je silnejšia regresná závislosť vo zvolenom modeli. Čím je hodnota bližšia k nule, tým

je závislosť slabšia a zvolená regresná funkcia slabšie vystihuje závislosť medzi závislou a nezávislou premennou. (2)

1.1.3 Lineárna regresia

Majme $Y_i = \beta_1 + \beta_2 x_i + e_i, i = 1, 2, \dots, n$.

Znovu označíme $\hat{\beta} = (\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2)^T$ odhad parametru $\beta = (\beta_1, \beta_2)^T$ metódou najmenších štvorcov.

Matice potrebné na výpočet koeficientov:

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_n \end{pmatrix} \quad (1.15)$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{X} = \begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{pmatrix} \quad (1.16)$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{Y} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n Y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i Y_i \end{pmatrix} \quad (1.17)$$

Vektor neznámych parametrov $\hat{\beta} = (\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2)^T$ potom získame ako:

$$\hat{\beta} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y} \quad (1.18)$$

Jednotlivé koeficienty lineárnej regresie je možné vypočítať nielen pomocou maticového počtu, ale aj pomocou nasledujúcich vzorcov:

$$\hat{\beta}_2 = \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y} \right) / \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2 \right) \quad (1.19)$$

$$\hat{\beta}_1 = \bar{y} - \hat{\beta}_2 \bar{x} \quad (1.20)$$

Pričom \bar{y} a \bar{x} sú výberové priemery premenných x a y . (3)

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.21)$$

1.1.4 Významnosť koeficientov

Pomocou štatistických testov významnosti regresných koeficientov určujeme, či má vysvetľujúca premenná vplyv na závislú premennú. Formulujeme hypotézy:

$$H_0: \beta_i = 0 \text{ (regresný parameter je štatisticky nevýznamný)} \quad (1.22)$$

$$H_1: \beta_i \neq 0 \text{ (regresný parameter je štatisticky významný)} \quad (1.23)$$

Používame testové kritérium:

$$t = \frac{\hat{\beta}_i}{s * \sqrt{v_{ii}}}, \quad (1.24)$$

kde v_{ii} sú prvky matice $V = (X^T X)^{-1}$.

Pre zvolenú hladinu významnosti α určíme kritickú oblasť:

$$W_\alpha = \{t; |t| \geq t_{1-\alpha/2}(n-k)\} \quad (1.25)$$

Ak $t \in W_\alpha$, tak zamietame H_0 v prospech H_1 . V opačnom prípade prijímame H_0 . (2)

1.2 Časové rady

1.2.1 Základné pojmy a rozdelenie

Časový rad je postupnosť vecne a priestorovo porovnateľných dát (resp. pozorovaní), ktoré sú z hľadiska času jednoznačne usporiadané v smere minulosť – prítomnosť. (3) Pomocou nich zapisujeme štatistické dáta popisujúce ekonomické javy v čase, a taktiež vykonávame kvantitatívnu analýzu ich doterajšieho priebehu a prognózujeme ich budúci vývoj. (4)

Podľa časového hľadiska rozdeľujeme časové rady na

- a) *Intervalové časové rady*. Intervalovým časovým radom rozumieme rad ukazovateľa, ktorého veľkosť závisí na dĺžke intervalu, za ktorý ho sledujeme. Údaje intervalových časových radov môžeme sčítat, a tak vytvoríme súčty za viac období.

Aby pri spracovaní intervalových časových radov nedošlo ku skresleniu získaných údajov, je nutné, aby sa jednotlivé ukazovatele vzťahovali k rovnako dlhým intervalom. To dosiahneme tým, že *očistíme časový rad od dôsledku kalendárnych variácií*, čo znamená, že prepočítame všetky obdobia na jednotkový časový interval. Údaje môžeme očistiť na kalendárne dni, prípadne na pracovné dni. Údaje očistené na kalendárne dni vypočítame ako:

$$y_t^{(0)} = y_t \frac{\bar{k}_t}{k_t}, \quad (1.26)$$

pričom y_t je hodnota očisťovaného ukazovateľa v príslušnom dielčom období roku, k_t je počet kalendárnych dní v danom období a \bar{k}_t je priemerný počet kalendárnych dní v dielčom období roku. (3)

Analogicky môžeme údaje očistiť na pracovné dni:

$$y_t^{(0)} = y_t \frac{\bar{p}_t}{p_t}, \quad (1.27)$$

kde p_t je počet pracovných dní v príslušnom dielčom období a \bar{p}_t je priemerný počet pracovných dní v dielčom období roku. (3)

b) *Okamihové časové rady*. V tomto prípade rad zostavujeme z ukazovateľov, ktoré sa vzťahujú k istému okamihu (napríklad stav zásob k počiatku alebo koncu určitého obdobia). Súčet týchto údajov nemá reálnu interpretáciu, preto zhŕňame rady tohto typu pomocou *chronologického priemeru*. (3) Ak sú časové okamihy, v ktorých sú hodnoty časového radu zadané, rovnako dlhé, hovoríme o *neváženom chronologickom priemere* (4) a počítame ho ako

$$\bar{y} = \frac{1}{n-1} \left(\frac{y_1}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} y_i + \frac{y_n}{2} \right). \quad (1.28)$$

1.2.2 Modelovanie časového radu

Východiskovým princípom modelovania časových radov je jednorozmerný model

$$y_t = f(t, \varepsilon_t), \quad (1.29)$$

kde y_t je hodnota modelovaného ukazovateľa v čase t , $t = 1, 2, \dots, n$ a ε_t je hodnota náhodnej zložky, resp. poruchy v čase t . (3)

V tejto práci budeme modelovať časový rad pomocou klasického modelu, ktorý je založený len na popise foriem pohybu. Jeho základom je dekomponovanie radu na štyri zložky, konkrétne na

- trendovú zložku T_t ,
- sezónnu zložku S_t ,
- cyklickú zložku C_t ,
- náhodnú zložku ε_t .

Tvar rozkladu môže byť

1. *aditívny*

$$y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \dots, n,$$

2. *alebo multiplikatívny*

$$y_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \dots, n.$$

Trend je tendencia dlhodobého vývoja hodnôt daného ukazovateľa v čase.

Sezónna zložka predstavuje pravidelne sa opakujúcu odchýlku od trendu. Vyskytuje sa pri časových radoch údajov s periodicitou kratšou alebo rovnou ako jeden rok. K sezónnemu kolísaniu dochádza kvôli zmenám ročných období, rôznym dĺžkam mesačného či pracovného cyklu, prípadne kvôli rôznym spoločenským zvyklostiam (sviatky, dovolenky...).

Cyklickou zložkou rozumieme kolísanie okolo trendovej zložky v dôsledku dlhodobého cyklického vývoja, pričom dĺžka vlny je dlhšia než jeden rok.

Náhodná zložka je veličina, ktorú nie je možné popísať žiadnou funkciou času. Väčšinou sú jej zdrojom drobné vzájomne nezávislé príčiny. (3)

1.3 Riadenie zásob

1.3.1 Význam zásob

Zásoby sú bezprostrednými prirodzenými prvkami vo výrobných a distribučných organizáciách. Rozumieme nimi tie časti užitočných hodnôt, ktoré boli vyrobené, ale ešte neboli spotrebované. Predmetom riadenia zásob môžu byť zásoby hotových výrobkov, nedokončenej výroby, polotovarov, surovín, materiálu... (5)

Zásoby vznikajú v dôsledku časového a priestorového nesúladu medzi vznikom potreby danej položky a jej dodaním. Dodávateľ nemôže pokryť objednávku v momente vzniku požiadavky a realizuje ju s istým časovým odstupom. Zásoby ovplyvňujú chod podniku tak aj pozitívne, ako aj negatívne. Vo väčšine výrobných podnikov nie je možné zaručiť plynulý chod výroby bez určitej úrovne zásob. Zabezpečenie plynulého chodu výroby môžeme teda považovať za jedno z ich najväčších pozitív. Taktiež vďaka udržiavaniu istej úrovne zásob je podnik menej náchylný na vplyv nepredvídateľných udalostí týkajúcich sa ich dodávok. Negatívom je, že skladovanie prebytočných zásob vyvoláva náklady týkajúce sa ich obsluhy: či už sú to mzdy personálu alebo spotreba energie v sklade a s rastúcim časom sa tiež zvyšuje riziko ich znehodnotenia. Navyše skladovanie viaže finančné prostriedky, ktoré by podnik v danej chvíli mohol využiť inak – vznikajú mu náklady ušlej príležitosti – a ohrozuje platobnú schopnosť podniku. Preto by na jednej strane mala byť veľkosť zásob čo najmenšia (viazanie kapitálu) a na strane druhej čo najväčšia (plynulosť výroby). Obe podmienky však nemôžu byť splnené zároveň, a preto musí vedenie podniku zvoliť medzi nimi určitý kompromis. (5)

1.3.2 Obsah riadenia zásob

Riadenie zásob chápeme ako efektívne zachádzanie a hospodárenie so zásobami. Cieľom je ich udržiavanie na takej úrovni a v takom zložení, aby bola zabezpečená neprerušovaná výroba a úplnosť dodávok odberateľom, a zároveň aby náklady s tým spojené boli čo najmenšie. Riadenie zásob v sebe zahŕňa viacero činností, ako napríklad analyzovanie, plánovanie či kontrolovanie nielen jednotlivých skupín zásob, ale aj zásob ako celku. (5)

Druh dopytu

Voľbu vhodného systému riadenia zásob ovplyvňuje výrazne pôvod dopytu. Z tohto hľadiska delíme dopyt na závislý a nezávislý. Pri *závislom dopyte* podnik vie vypočítať veľkosť potreby konkrétnych dielov a materiálových položiek potrebných pre výrobu konečného produktu. Závislý dopyt nie je ovplyvnený náhodou a často sa odvodzuje od dopytu po konečnom výrobku. Pri *nezávislom dopyte* podnik nemá vplyv na jeho príchod alebo veľkosť a potrebu daných materiálových položiek či dielov musí predpovedať pomocou štatistických metód. Nezávislý dopyt sa často nazýva aj stochastický. (5)

Ďalšou dôležitou charakteristikou dopytu je jeho časový priebeh. Podľa neho rozdeľujeme dopyt na rovnomerný a nárazový. Pri *rovnomernom dopyte* prichádzajú požiadavky na výdaj trvale, ale s kolísaním ich veľkosti v čase, čo je typické u položiek s nezávislou potrebou. Pri *nárazovom dopyte* sú veľké časové odstupy medzi dvoma požiadavkami na výrobu (alebo nákupu dielov a materiálu). Potreba potom nie je trvalá a vzniká len „čas od času.“ (5)

Fyzická a dispozičná zásoba

Fyzická zásoba udáva okamžitú veľkosť skutočnej zásoby na sklade. *Dispozičná zásoba* je fyzická zásoba zmenšená o veľkosť uplatnených, ale ešte nesplnených požiadavkou na výdaj a zväčšená o veľkosť umiestnených, ale ešte nevybavených objednávok na doplnenie zásoby. (5)

1.3.3 Predpoveď dopytu

Na základe údajov o minulej spotrebe je možné odhadnúť objem budúcich predajov za predpokladu, že doterajšie podmienky a podnikové okolie sa významne nezmení. Predpovedanie dopytu spočíva v extrapolovaní doterajšieho priebehu spotreby či predaja do blízkej budúcnosti. (5)

Predpoveď ustáleného dopytu

Predpokladáme, že pri ustálenom dopyte neexistuje sezónnosť a stredná hodnota dopytu za obdobie je stála a v čase sa nemení. V tomto prípade je najlepším odhadom budúceho dopytu stredná hodnota (priemer) predajov či spotreby v minulosti. (5)

Predpoveď dopytu s trendom

Pri dopyte s trendom predpokladáme, že neexistuje sezónnosť a stredná hodnota dopytu za obdobie sa stále zväčšuje, resp. stále zmenšuje. Pre vyrovnanie spotreby v čase sa používa regresná analýza, pri ktorej sa dáta za minulé obdobia preložia priamkou. Pomocou získanej rovnice priamky je potom možné predpovedať budúcu hodnotu predaja či spotreby. Očakávaná hodnota dopytu y_i , kde i je index obdobia v budúcnosti, je potom daná vzťahom

$$y_i = a * i + b, \quad (1.30)$$

kde a, b predstavujú koeficienty regresnej priamky získanej metódou najmenších štvorcov. Tie vypočítame analogicky ako v kapitole 1.1.3. Veličina a sa nazýva trendový činiteľ, ktorý udáva zmenu vyrovnaného dopytu za jedno obdobie. (5)

Regresnú priamku použijeme pre predpoveď dopytu jedine vtedy, ak sa veľkosť trendu a štatisticky významne líši od nuly. (5)

Predpovedanie sezónneho a cyklického dopytu

Stredná hodnota cyklického či sezónneho dopytu je pre každé obdobie v rámci periódy cyklu iná. Zmena strednej hodnoty dopytu má v jednotlivých periódach približne rovnaký charakter a súbor stredných hodnôt pre periódu cyklu môže byť buď stály, alebo môže vykazovať trend. K predpovedi sezónneho a cyklického dopytu je potrebné mať k dispozícii časový rad predajov alebo spotrieb v dĺžke minimálne troch periód cyklu. Dáta sa najprv očistia od sezónnosti, a potom sa v nich hľadá prípadný trend. (5)

1.3.4 Riadenie zásob pri nezávislom rovnomernom dopyte

Okrem nezávislosti a rovnomernosti predpokladajme aj ustálenosť dopytu. To znamená, že sa jeho očakávaná veľkosť nemení s časom. Na riadenie zásob s týmto druhom dopytu používajú firmy rôzne objednávacie systémy, ktoré vydávajú signál o potrebe vystaviť objednávku k doplneniu zásoby vtedy, keď dispozičná zásoba klesne pod určitú výšku (objednávaciu úroveň). Objednávacia úroveň zásoby je stanovená tak, aby počas doby od vydania signálu o potrebe objednať až po prijatie dodávky do skladu pokryla skutočný dopyt, a taktiež aby pokryla náhodné výkyvy, či už vo veľkosti dopytu po tejto položke, alebo v dĺžke obstarávacej doby. (5)

K pokrytiu týchto výkyvov sa stanovuje *poistná zásoba*, ktorá má za úlohu zachycovať odchýlky skutočného priebehu čerpania zásob od jeho očakávaného priebehu. V ďalšom texte ju budem označovať z_p . (6)

Variety objednávacích systémov

Rozlišujeme dve varianty objednávacích systémov aj pre okamih vydania signálu o potrebe objednať, tak aj pre veľkosť objednávky. Ich kombináciami vznikajú štyri objednávacie systémy.

1. Podľa okamihu vydania signálu

- a. Dispozičná zásoba sa porovnáva s objednávacou úrovňou priebežne, takže signál sa vydáva okamžite, keď dispozičná zásoba klesne pod stanovenú úroveň.
- b. Pri druhej variante prebieha porovnávanie dispozičnej zásoby a objednávací úroveň v pevne stanovenom intervale t.j. periodicky. Signál sa potom vydáva na konci intervalu, v ktorom došlo pri poklese pod stanovenú úroveň.

2. Podľa objednávaného množstva

- a. Veľkosť množstva pre doplnenie zásob je pevne určená.
- b. Pri tejto variante objednáva podnik také množstvo, ktoré je rovné rozdielu medzi vopred určenou cieľovou úrovňou a veľkosťou dispozičnej zásoby v okamihu vydania signálu. (5)

1.3.5 Čerpanie zásoby položky v jednom cykle

Nech z_i vyjadruje veľkosť zásoby položky v okamihu t_i , kde $i = 1, 2, \dots, n$ a n je počet okamihov, v ktorých bol zisťovaný stav zásob. Stav zásob položky v jednotlivých okamihoch zisťovania jej veľkosti potom vyjadríme hodnotami časového radu $z_1, z_2 \dots z_n$. (6)

Priebeh čerpania zásob položky popíšeme regresnou analýzou, pričom zadané dáta vyrovnáme regresnou priamkou

$$z = \beta_1 + \beta_2 t, \quad (1.31)$$

kde z vyjadruje veľkosť zásoby položky v čase t a β_1, β_2 sú parametre regresnej priamky. (6)

Pre zadané dáta $\mathbf{z} = (z_1, z_2 \dots z_n)^T$, $\mathbf{t} = (t_1, t_2 \dots t_n)^T$ (z_i je hodnota zásoby v t_i) odhadneme parametre β_1, β_2 metódou najmenších štvorcov. Odhady označíme $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2$ a vypočítame ich ako v kapitole 1.1.3.

$$\hat{\beta}_2 = \left(\sum_{i=1}^n t_i z_i - n \bar{t} \bar{z} \right) / \left(\sum_{i=1}^n t_i^2 - n \bar{t}^2 \right) \quad (1.32)$$

$$\hat{\beta}_1 = \bar{z} - \hat{\beta}_2 \bar{t}, \quad (1.33)$$

kde \bar{t} a \bar{z} sú výberové priemery:

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad \bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \quad (1.34)$$

Nech \hat{z} je predikcia z . Potom

$$\hat{z} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 t. \quad (1.35)$$

Bod vyčerpania zásob

Označme t_v časový okamih, v ktorom dôjde k vyčerpaniu zásoby položky. Potom t_v vypočítame pomocou získanej regresnej rovnice, a to tak, že položíme $\hat{z}(t_v) = 0$. (6).

1.3.6 Určenie poistnej zásoby

Na určenie normy poistnej zásoby je potrebné analyzovať dopyt a obstarávaciu lehotu danej položky počas dlhšieho obdobia než je jeden cyklus. Predpokladáme, že dopyt po tejto položke je rovnomerný. (6)

Nech y_j je veľkosť dopytu počas obdobia t_j , $j = 1, 2, \dots, n$, kde n je počet období, v ktorých bola zisťovaná veľkosť dopytu. Pričom predpokladáme, že tieto obdobia sú pevne dané intervaly. (6) Hodnoty veľkosti dopytu môžeme vyjadriť pomocou časového radu

$$y_1, y_2 \dots y_n. \quad (1.36)$$

Z hodnôt y_j vypočítame charakteristiky spotreby položky a to *priemernú veľkosť dopytu* \bar{y}_d a *rozptyl veľkosti dopytu* s_d^2 . (6)

$$\bar{y}_d = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j, \quad (1.37)$$

$$s_d^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{j=1}^n y_j^2 - n \cdot \bar{y}_d^2 \right). \quad (1.38)$$

Tieto údaje poslúžia na predpoveď budúceho dopytu, a preto býva najvhodnejšie, aby dĺžka časového radu, pomocou ktorého vyjadrujeme veľkosť dopytu bola jeden rok, a dĺžka jedného obdobia v časovom rade bola kalendárny mesiac. (5)

Charakteristiky obstarávacej doby

Dĺžky obstarávacej lehoty sú všeobecne závislé na náhode. Jednotlivé hodnoty obstarávacích lehôt označme t_{l_1}, \dots, t_{l_m} , pričom t_{l_j} je dĺžka obstarávacej lehoty v j -tom cykle, $j = 1, 2, \dots, m$, kde m je počet týchto cyklov. Z týchto hodnôt určíme *priemernú obstarávaciu lehotu* \bar{t}_l a *rozptyl obstarávacej lehoty* s_l^2 . (6)

$$\bar{t}_l = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m t_{l_j}, \quad (1.39)$$

$$s_l^2 = \frac{1}{m-1} \left(\sum_{j=1}^m t_{l_j}^2 - m \cdot \bar{t}_l^2 \right). \quad (1.40)$$

Ak máme málo dát pre výpočet rozptylu, používa sa pre výpočet smerodajnej odchýlky (ktorá je odmocninou rozptylu) aproximácia

$$s_l \approx 0,25(t_{l_{\max}} - t_{l_{\min}}), \quad (1.41)$$

pričom $t_{l_{\max}}$ je najväčšia a $t_{l_{\min}}$ najmenšia hodnota obstarávacej doby. (6)

Nakoniec označme B_0 bod znovuobjednávky, ktorý vypočítame podľa vzorca

$$B_0 = \bar{y}_d \cdot \bar{t}_l. \quad (1.42)$$

Norma poistnej zásoby

Norma poistnej zásoby zachytáva odchýlky skutočného priebehu čerpania položky z jej dispozičnej zásoby od očakávaného priebehu jej čerpania počas *intervalu neistoty*. Interval neistoty je doba, ktorá začína okamihom, v ktorom je naposledy známa skutočná výška zásoby položky, a končí okamihom prijatia dodávky tejto položky na sklad. (6)

Predpokladajme, že veľkosť čerpania položky počas intervalu neistoty je náhodnou veličinou X s normálnym rozdelením, strednou hodnotou rovnou bodu znovuobjednávky B_0 a so smerodajnou odchýlkou σ_c . σ_c sa nazýva celková smerodajná odchýlka dopytu a vypočítame ju

$$\sigma_c = \sqrt{\bar{t}_l \cdot s_d^2 + (\bar{y}_d \cdot s_l)^2}. \quad (1.43)$$

Pravdepodobnosť, že veľkosť skutočnej spotreby položky počas intervalu neistoty bude najviac rovná súčtu bodu znovuobjednávky a normy jej poistnej zásoby, položíme väčšiu alebo rovnú číslu α , kde číslo $100\alpha\%$ vyjadruje stupeň uspokojenia dopytu behom intervalu neistoty, resp. stupeň úplnosti dodávky.

$$P(X \leq B_0 + z_p) \geq \alpha \quad (1.44)$$

Teraz vyjadríme túto pravdepodobnosť pomocou distribučnej funkcie normovaného normálneho rozdelenia náhodnej veličiny X .

$$F_N\left(\frac{B_0 + z_p - B_0}{\sigma_c}\right) \geq \alpha \Rightarrow F_N\left(\frac{z_p}{\sigma_c}\right) \geq \alpha \quad (1.45)$$

$\frac{z_p}{\sigma_c}$ je rovno 100%-percentnému kvantilu u_α normovaného normálneho rozdelenia. Pre normu poistnej zásoby dostaneme vzorec:

$$z_p = u_\alpha \cdot \sigma_c. \quad (1.46)$$

2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

2.1 Vybraná firma

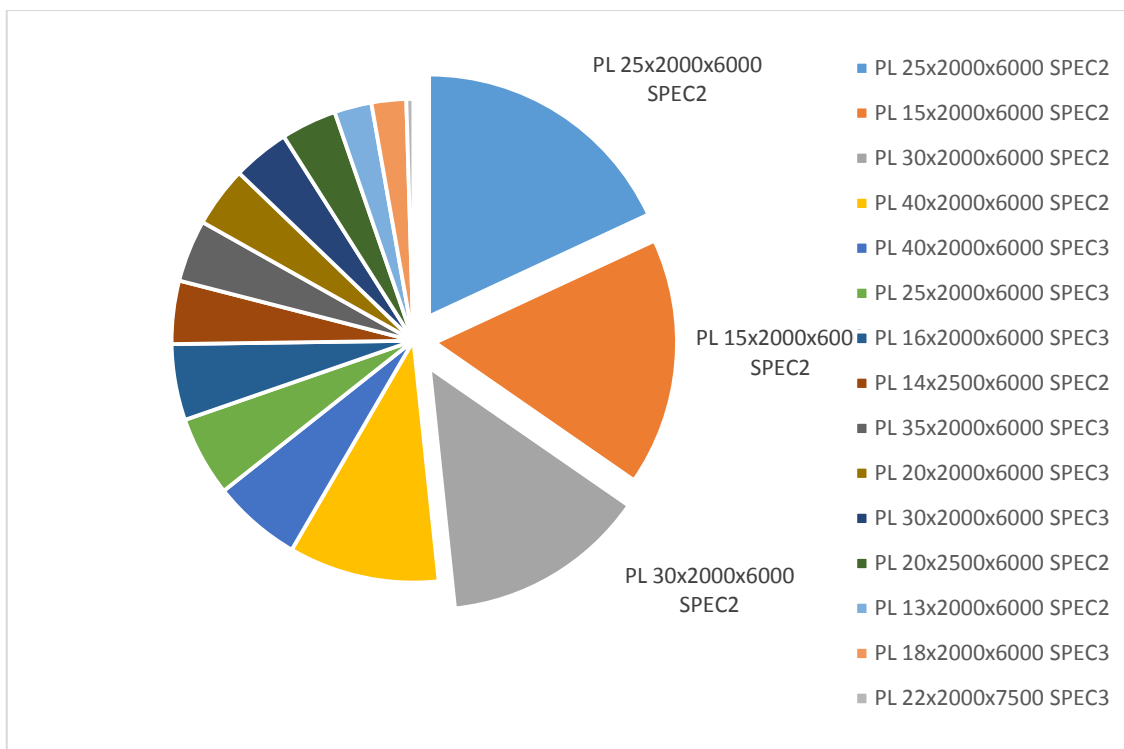
Firma, ktorej riadenie zásob je v tejto práci analyzované, sídli na juhu stredného Slovenska a má už viac než 60-ročnú tradíciu v strojárenskej výrobe. Zameriava sa na výrobu stredne veľkých a stredne ťažkých zváraných konštrukcií, ako sú napríklad ramená, výložníky či rámy pre stroje banského, stavebného a lesného priemyslu.

2.1.1 Skladové zásoby

Na tvorbu konštrukcií firma používa oceľové plechy o veľkosti 2×6 metrov a s hrúbkou od 13 do 40 milimetrov. Celkovo firma skladuje 15 druhov plechových platní, ktoré sú uložené v kapacitne obmedzených skladoch. V tejto práci budú analyzované tri najpoužívanejšie druhy plechov, pretože firma ich objednáva vo veľkých množstvách, ročne na nich minie značné množstvo finančných prostriedkov a komponenty, ktoré sa z nich vyrábajú, kupuje od firmy veľký počet zákazníkov. V prípade, že riadenie týchto druhov zásob nie je optimálne, firme unikajú príležitosti, ako využiť kapitál, ktorý je v nich viazaný.

Z grafu č.1 môžeme vidieť, že spotreba týchto troch vybraných plechov tvorí takmer polovicu celkovej spotreby všetkých plechov.

Firma používa na riadenie zásob softvér QAD. Z neho boli vyexportované údaje o spotrebe do zošitu programu MS Excel, a následne upravené pre potreby tejto práce.



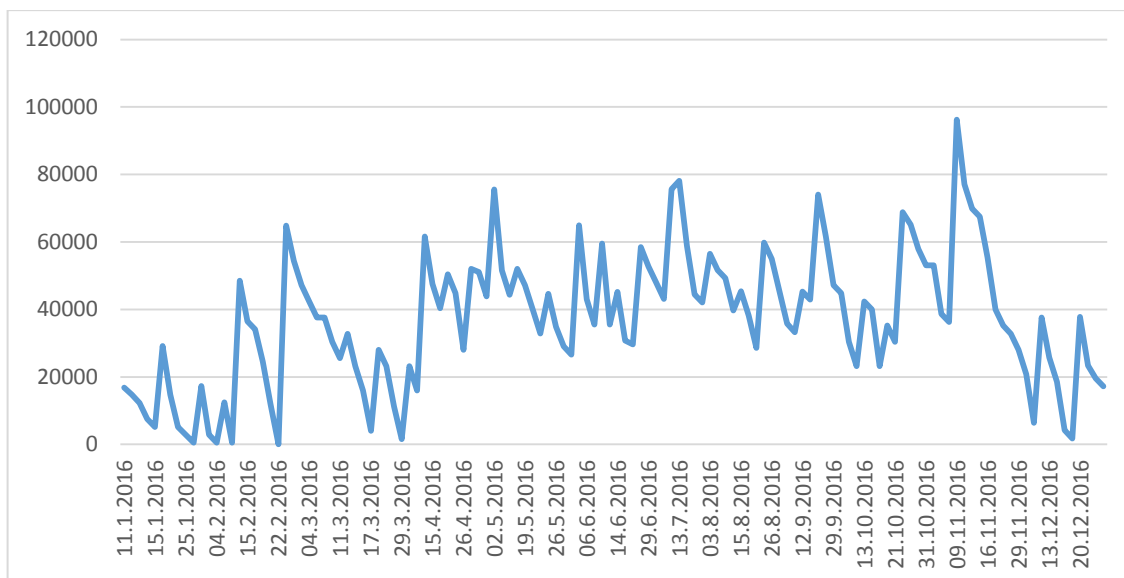
Graf 1: Ročná spotreba plechov vo vybranej firme [kg] (Zdroj: vlastné spracovanie)

2.2 PL 25x2000x6000 SPEC2

2.2.1 Analýza za rok 2016

Prvý druh zásoby, ktorý je v tejto práci analyzovaný, je plech PL 25x2000x6000 SPEC2. Jedna tabuľa je hrubá 25 mm a jej hmotnosť je 2400 kg. Jedná sa o najpoužívanejší plech vo firme, pričom jeho ročná spotreba v roku 2016 bola 862 ton, čo je 18 percent z celkovej spotreby všetkých plechov (v kg). Toto číslo predstavuje 359 kusov platní. Podotkneme, že z plechu PL 25x2000x6000 SPEC2 sa vyrábajú výrobky pre 10 z 15 odberateľov.

Z dát v prílohe 1 zostrojíme časový rad, v ktorom každému dátumu v roku 2016, kedy dochádzalo k príjmu zásob na sklad alebo k ich spotrebe, priradíme hodnotu stavu zásob na konci daného dňa. Body na nasledujúcom grafe ilustrujú hodnoty vytvoreného časového radu. Je na ňom viditeľné, kedy dochádzalo k naskladneniu zásob a kedy k spotrebe.



Graf 2: Stav PL 25x2000x6000 SPEC2 na sklade (Zdroj: vlastné spracovanie)

Rozdelíme teraz časový rad na cykly, v ktorých sa prijaté množstvo plechu na sklad spotrebovávalo. Každý cyklus bude začínat' v deň príjmu položky na sklad a bude trvať až do ďalšieho príjmu položky na sklad. V tejto práci predpokladáme, že naskladnenie zásoby trvá určitú dobu, a preto nie je možné v deň naskladnenia spotrebovať naskladnený materiál. Takže v dňoch, kedy nastal aj príjem zásob na sklad, aj ich spotreba, predpokladáme, že sa spotrebovávajú zásoby ešte z predchádzajúceho cyklu.

Pre jednotlivé cykly teraz vyrovnáme stav zásoby na sklade regresnou priamkou.

Začneme prvým cyklom, ktorý trvá od 11.1.2016 do 19.1.2016. Pomocou vzorcov (1.32) a (1.33) vypočítame z dát z prílohy 1 koeficienty regresnej priamky $\hat{\beta}_1$ a $\hat{\beta}_2$.

$$\hat{\beta}_2 = \frac{82425,54 - 5 * 11297,68 * 2}{30 - 5 * 2^2} = -3055,13$$

$$\hat{\beta}_1 = 11297,68 - (-3055,13) * 2 = 17407,94$$

Regresná priamka v prvom cykle má potom tvar:

$$\hat{z} = 17407,94 - 3055,13t$$

Koeficient $\hat{\beta}_2 = -3055,13$ môžeme interpretovať ako hodnotu, okolo ktorej kolíšu denné úbytky zásoby tejto položky v dobe od začiatku cyklu až po posledný známy okamih spotreby v ňom. Môžeme teda povedať, že počas prvého cyklu sa v tejto dobe

priemerne denne spotrebovalo 3055,13 kg plechu PL 25x2000x6000 SPEC2, čo je približne 1,27 platne.



Graf 3: Vyrovnaný stav zásob PL 25x2000x6000 SPEC2 počas prvého cyklu (Zdroj: vlastné spracovanie)

Aby sme určili, ako dobre zvolená regresná funkcia vystihuje funkčnú závislosť medzi závislou premennou a nezávislou premennou, vypočítame podľa (1.14) koeficient determinácie.

$$R^2 = 1 - \frac{2077419,05}{95415490,01} = 0,9782$$

Koeficient determinácie je blízky jednej, čo značí silnú závislosť medzi závislou a nezávislou premennou vo zvolenom modeli. Znamená to, že model vysvetľuje 97,82% celkovej variability premennej z .

Pomocou získanej regresnej priamky sme teraz schopní vypočítať, kedy by došlo k vyčerpaniu zásob.

$$17407,94 - 3055,13t_v = 0$$

$$t_v = \frac{17407,94}{3055,13} = 5,7$$

Keďže hodnoty časového radu predstavujú stav zásob na konci sledovaných dní, interval $\langle 5,6 \rangle$ na časovej osi t predstavuje priebeh 6. dňa od naskladnenia zásob. Bod

vyčerpania $t_v = 5,7$ môžeme interpretovať tak, že k vyčerpaniu zásob v prvom cykle by došlo v priebehu 6. dňa od ich doplnenia, t. j. 17.1.2016.

Pre všetky ďalšie cykly sú výpočty parametrov regresnej priamky, koeficientu determinácie a bodu vyčerpania zapísané do nasledujúcej tabuľky.

Cyklus	Dĺžka cyklu	Regresná priamka
1 .cyklus	11.01.2016 - 19.1.2016 (8 dní)	$z=17407,94-3055,13t$
2 .cyklus	19.1.2016 - 02.2.2016 (14 dní)	$z=18850,54-2204,52t$
3 .cyklus	02.2.2016 - 08.2.2016 (6 dní)	$z=15298,84-8400t$
4 .cyklus	08.2.2016 - 15.02.2016 (7 dní)	$z=12496,86-3999,98t$
5 .cyklus	15.02.2016 - 29.2.2016 (14 dní)	$z=45655,54-6961,28t$
6 .cyklus	29.2.2016 - 14.3.2016 (14 dní)	$z=57955,82-2813,86t$
7 .cyklus	14.3.2016 - 22.3.2016 (8 dní)	$z=33037,75-9359,5t$
8 .cyklus	22.3.2016 - 01.4.2016 (10 dní)	$z=24896,67-3558,81t$
9 .cyklus	01.4.2016 - 14.4.2016 (13 dní)	$z=23198,74-1200,01t$
10 .cyklus	14.4.2016 - 19.4.2016 (5 dní)	$z=57562,52-4642,34t$
11 .cyklus	19.4.2016 - 27.4.2016 (8 dní)	$z=51525,96-2403,97t$
12 .cyklus	27.4.2016 - 02.5.2016 (5 dní)	$z=53091,47-4087t$
13 .cyklus	02.5.2016 - 16.5.2016 (14 dní)	$z=70304,64-2866,02t$
14 .cyklus	16.5.2016 - 25.5.2016 (9 dní)	$z=51855,61-2368,95t$
15 .cyklus	25.5.2016 - 02.6.2016 (8 dní)	$z=39080,36-2265,94t$
16 .cyklus	02.6.2016 - 09.6.2016 (7 dní)	$z=64467,12-4982,04t$
17 .cyklus	09.6.2016 - 14.6.2016 (5 dní)	$z=60132,29-6857,33t$
18 .cyklus	14.6.2016 - 28.6.2016 (14 dní)	$z=47483,94-3004,76t$
19 .cyklus	28.6.2016 - 08.7.2016 (10 dní)	$z=54663,16-1318,13t$
20 .cyklus	08.7.2016 - 13.7.2016 (5 dní)	$z=75678,23$
21 .cyklus	13.7.2016 - 03.8.2016 (21 dní)	$z=65600,81-1389,03t$
22 .cyklus	03.8.2016 - 15.8.2016 (12 dní)	$z=57479,73-1680,42t$
23 .cyklus	15.8.2016 - 24.8.2016 (9 dní)	$z=46255,22-5314,26t$
24 .cyklus	24.8.2016 - 12.9.2016 (19 dní)	$z=59412,39-1694,74t$
25 .cyklus	12.9.2016 - 20.9.2016 (8 dní)	$z=45279,58-600,01t$
26 .cyklus	20.9.2016 - 05.10.2016 (15 dní)	$z=78399,34-3359,85t$
27 .cyklus	05.10.2016 - 13.10.2016 (8 dní)	$z=30678,28-1430,76t$
28 .cyklus	13.10.2016 - 19.10.2016 (6 dní)	$z=43509,16-4985,42t$
29 .cyklus	19.10.2016 - 24.10.2016 (5 dní)	$z=35198,22-2400t$
30 .cyklus	24.10.2016 - 02.11.2016 (9 dní)	$z=69581,61-2706,65t$
31 .cyklus	02.11.2016 - 09.11.2016 (7 dní)	$z=49319,19-2485,72t$
32 .cyklus	09.11.2016 - 12.12.2016 (33 dní)	$z=83045,65-2763,21t$
33 .cyklus	12.12.2016 - 20.12.2016 (8 dní)	$z=36228,29-9320,74t$
34 .cyklus	20.12.2016 - 28.12.2016 (8 dní)	$z=30377,86-1957,3t$

Tabuľka 1: Regresné priamky pre spotrebu PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

<i>Cyklus</i>	<i>Koeficient determinácie</i>	<i>Dni do vyčerpania</i>	<i>Deň vyčerpania</i>
1 .cyklus	0,9782	6	17.01.2016
2 .cyklus	0,6063	9	28.01.2016
3 .cyklus	0,8549	2	04.02.2016
4 .cyklus	1	4	12.02.2016
5 .cyklus	0,9603	7	22.02.2016
6 .cyklus	0,9278	21	21.03.2016
7 .cyklus	0,9909	4	18.03.2016
8 .cyklus	0,8616	7	29.03.2016
9 .cyklus	1	20	21.04.2016
10 .cyklus	0,7987	13	27.04.2016
11 .cyklus	0,611	22	11.05.2016
12 .cyklus	0,838	13	10.05.2016
13 .cyklus	0,9142	25	27.05.2016
14 .cyklus	0,926	22	07.06.2016
15 .cyklus	0,7846	18	12.06.2016
16 .cyklus	0,9927	13	15.06.2016
17 .cyklus	0,9796	9	18.06.2016
18 .cyklus	0,9763	16	30.06.2016
19 .cyklus	0,8276	42	09.08.2016
20 .cyklus	-	-	-
21 .cyklus	0,596	48	30.08.2016
22 .cyklus	0,8746	35	07.09.2016
23 .cyklus	0,9276	9	24.08.2016
24 .cyklus	0,994	36	29.09.2016
25 .cyklus	1	76	27.11.2016
26 .cyklus	0,9017	24	14.10.2016
27 .cyklus	0,9727	22	27.10.2016
28 .cyklus	0,9838	9	22.10.2016
29 .cyklus	1	15	03.11.2016
30 .cyklus	0,972	26	19.11.2016
31 .cyklus	0,6985	20	22.11.2016
32 .cyklus	0,9509	31	10.12.2016
33 .cyklus	0,9678	4	16.12.2016
34 .cyklus	0,5681	16	05.01.2017

Tabuľka 2: Doplnujúce údaje k regresnej analýze plechu PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Z tabuľky vidíme, že v roku 2016 sa plech PL 25x2000x6000 SPEC2 naskladňoval 34-krát. Koeficient determinácie je takmer v každom cykle blízky jedna, čo značí vhodnú voľbu regresnej funkcie pre každý cyklus. V pár prípadoch sa hodnota koeficientu determinácie pohybuje tesne nad hranicou 0,5. V týchto cykloch je model

regresnej priamky menej vhodný. Je to spôsobené extrémnymi hodnotami, resp. veľmi vysokou spotrebou v jednom dni v cykle oproti ostatným dňom.

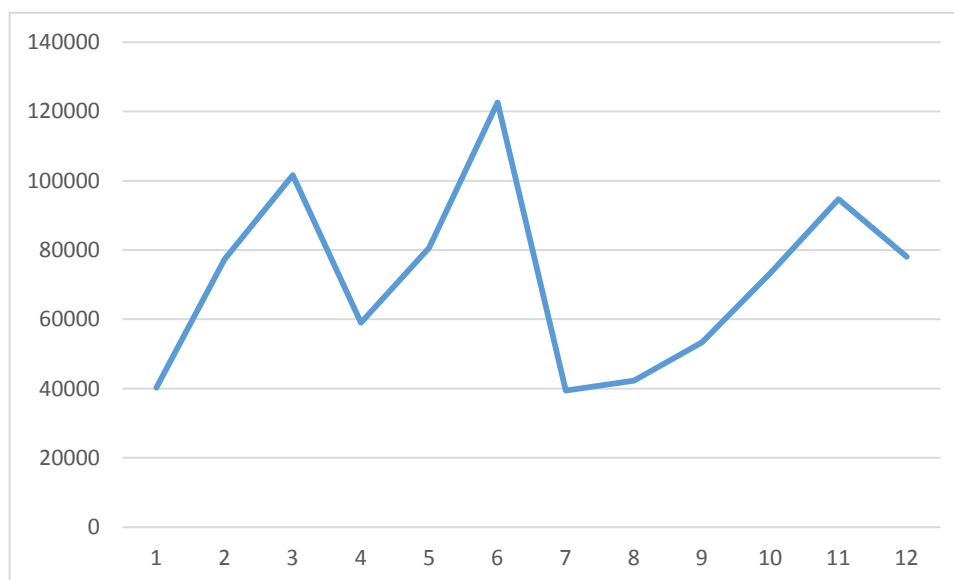
Priemerná veľkosť spotreby sa v jednotlivých cykloch líši. Vidíme to na koeficientoch $\hat{\beta}_2$ regresných priamok. Čím je absolútna hodnota koeficientu $\hat{\beta}_2$ vyššia, tým je väčšia aj priemerná spotreba. Odlišnosť spotreby v jednotlivých cykloch je spôsobená veľkým množstvom odberateľov výrobkov z tohto plechu a ich rozličnými požiadavkami.

2.2.2 Norma poistnej zásoby

Aby sme mohli určiť normu poistnej zásoby, musíme najprv zostrojiť časový rad hodnôt veľkosti spotreby položky v pevne daných časových intervaloch v roku 2016 podľa (1.36). Najvhodnejšie je, aby dĺžka jedného intervalu bola jeden mesiac. Časový rad bude mať teda dĺžku $n = 12$ a každý jeho prvok y_i bude vyjadrovať veľkosť spotreby danej položky v i -tom kalendárnom mesiaci. Z dát z prílohy 1 sčítame hodnoty spotreby v jednotlivých mesiacoch, zapíšeme do tabuľky a vynesieme do grafu.

Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún
40303,14 kg	79295 kg	101603,12 kg	58998,94 kg	80679,7 kg	122640,4 kg
Júl	August	September	Október	November	December
39441,92 kg	42279,61 kg	53396,16 kg	73311,18 kg	94696,92 kg	78040,6 kg

Tabuľka 3: Mesačná spotreba PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)



Graf 4: Mesačná spotreba PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Analýza dopytu

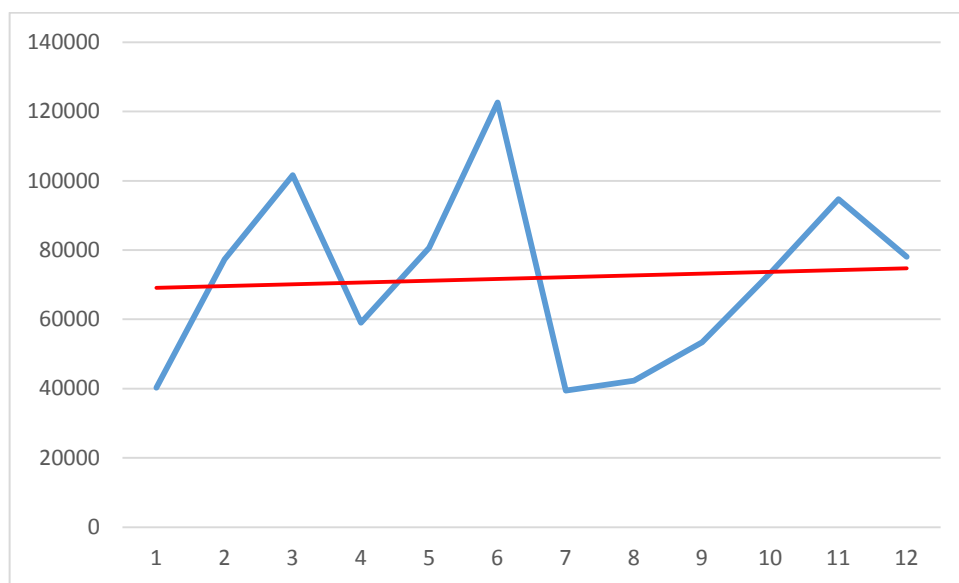
Teraz je potrebné na základe údajov z roku 2016 predpovedať budúcu spotrebu, a preto musíme zistiť, či spotreba má, alebo nemá trend. Pomocou regresnej analýzy vyrovnáme dáta priamkou $\hat{y} = a * i + b$ podľa (1.30).

$$a = \frac{5681100,04 - 12 * 71890,5575 * 6,5}{650 - 12 * 6,5^2} = 514,94$$

$$b = 71890,5575 - 514,94 * 6,5 = 68543,45$$

Lineárna vyrovňavacia funkcia má potom tvar:

$$\hat{y} = 514,94 * i + 68543,45$$



Graf 5: Vyrovnaná mesačná spotreba PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Aby sme zistili, či trendový činiteľ a skutočne ovplyvňuje spotrebu, otestujeme jeho významnosť pomocou t-testu. Zapišeme hypotézy:

$$H_0: a = 0 \text{ (trendový činiteľ je štatisticky nevýznamný)}$$

$$H_1: a \neq 0 \text{ (trendový činiteľ je štatisticky významný)}$$

Podľa (1.24) vypočítame hodnotu t štatistiky:

$$t = \frac{514,94}{27427,39 * \sqrt{0,00699}} = 0,225$$

Kritická oblasť pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$:

$$W_{0,95} = \{t; |t| \geq 2,228\}$$

Vzhľadom k tomu, že $t = 0,225$ nepatrí do kritickej oblasti, prijímame hypotézu H_0 na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ a trendový činiteľ a môžeme považovať za štatistiky nevýznamný. Trend nemá vplyv na spotrebu zásob tejto položky, a preto môžeme spotrebu po tejto položke považovať za ustálenú.

Výpočet charakteristík čerpania zásob

Pri ustálenom dopyte predpovedáme budúcu spotrebu (dopyt) pomocou výberového priemeru a výberového rozptylu predchádzajúceho dopytu, resp. spotreby. Tieto charakteristiky vypočítame podľa (1.37) a (1.38).

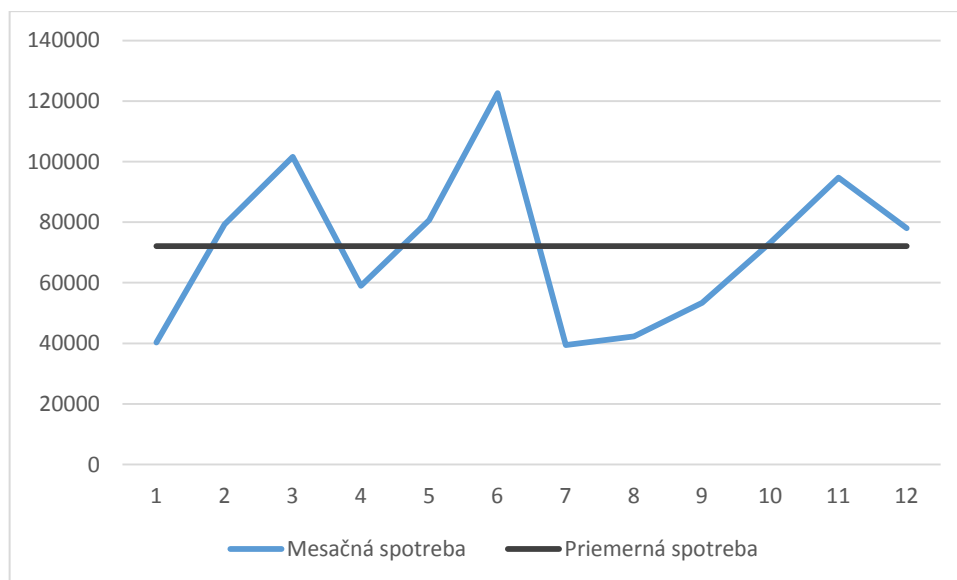
$$\bar{y}_d = \frac{862686,69}{12} = 71890,56 \text{ kg}$$

$$s_d^2 = \frac{1}{11} * (69579562135 - 12 * 71890,56^2) = 687320975,4 \text{ kg}^2$$

A smerodajná odchýlka mesačnej spotreby bude:

$$s_d = \sqrt{687320975,4} = 26216,81 \text{ kg}.$$

Priemerná mesačná spotreba plechu PL 25x2000x6000 SPEC2 je 71890,56 kg s odchýlkou 26216,81 kg. Údaje sú zaznamenané v nasledujúcom grafe:



Graf 6: Priemerná mesačná spotreba PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Očakávame, že budúca spotreba bude kolísať okolo množstva 71890,56 kg s odchýlkou 26216,81 kg.

Výpočet charakteristík obstarávacej lehoty

Priemerná obstarávacia doba od vystavenia objednávky až po naskladnenie zásob je 7 dní. Keďže sú v predchádzajúcich výpočtoch hodnoty spotreby uvedené v mesiacoch, priemernú obstarávaciu lehotu musíme uviesť v rovnakých jednotkách. Tým pádom:

$$\bar{t}_l = \frac{7}{30} \text{ mesiacu.}$$

Môže sa stať, že dodávka príde o deň skôr alebo o deň neskôr. Preto zvolíme $t_{l_{min}} = 6/30$, $t_{l_{max}} = 8/30$ a podľa (1.41) smerodajnú odchýlku obstarávacej lehoty odhadneme ako:

$$s_l \approx 0,25 \left(\frac{8}{30} - \frac{6}{30} \right) = 0,0166667 \text{ mesiacu.}$$

Určenie normy poistnej zásoby

Z vypočítaných charakteristík čerpania zásob a z charakteristík obstarávacej lehoty môžeme teraz vypočítať normu poistnej zásoby. Najprv podľa (1.43) stanovíme odhad celkovej smerodajnej odchýlky dopytu σ_c .

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{7}{30} * 26216,81^2 + (71890,56 * 0,0166667)^2} = 12720,48 \text{ kg}$$

Teraz podľa (1.46) vypočítame normu poistnej zásoby pre rôzne stupne úplnosti dodávky. Najprv zvolíme $\alpha = 0,5$, čo znamená, že stupeň úplnosti dodávky je 50%. Potrebujeme ešte kvantil normálneho rozdelenia $u_{0,50}$, ktorý je rovný nule.

$$z_p = 0 * 12720,48 = 0 \text{ kg}$$

To znamená, že ak firma neudržiava žiadnu normu poistnej zásoby, uspokojenie dopytu počas intervalu neistoty je päťdesiatpercentné.

Pre stupeň úplnosti dodávky s $\alpha = 0,95$ je kvantil $u_{0,95}$ rovný 1,645. Norma poistnej zásoby je potom:

$$z_p = 1,645 * 12720,48 = 20925,19 \text{ kg.}$$

S takouto výškou normy poistnej zásoby je uspokojenie dopytu počas intervalu neistoty deväťdesiatpäťpercentné.

Ak by sme chceli ešte zvýšiť uspokojenie dopytu počas intervalu neistoty, zvolili by sme vyššie α . Pre $\alpha = 0,99$ a $u_{0,99} = 2,33$ máme normu poistnej zásoby vo výške:

$$z_p = 2,33 * 12720,48 = 29638,72 \text{ kg}$$

Zvýšenie pravdepodobnosti uspokojenia dopytu z 95% na 99% prinieslo nárast normy poistnej zásoby o viac než 8700 kg.

Bod znovuobjednávky

Alarmujúcu úroveň stavu plechu PL 25x2000x6000 SPEC2 na sklade, pri ktorej je potrebné vystaviť objednávku, aby nedošlo k zastaveniu výroby, vypočítame podľa (1.42). Bod znovuobjednávky pre tento plech má hodnotu:

$$B_0 = 71890,56 * \frac{7}{30} = 16774,46 \text{ kg}.$$

Ak klesne množstvo plechu na sklade na 16774,46 kg, je potrebné vystaviť novú objednávku. V tomto prípade však neuvažujeme žiadnu normu poistnej zásoby, takže ak firma vystaví objednávku pri poklese množstva na túto hodnotu, uspokojenie dopytu do doplnenia zásob bude päťdesiatpercentné.

V prípade, že firma udržiava poistnú zásobu, sčítame hodnotu bodu znovuobjednávky a normy poistnej zásoby.

Pre $\alpha = 0,95$ máme:

$$B_0 + z_p = 16774,46 + 20925,19 = 37699,65 \text{ kg}.$$

Z výsledku vyplýva, že ak firma udržiava normu poistnej zásoby na úrovni 20925,19 kg, je potrebné vystaviť objednávku pri poklese stavu zásoby plechu PL 25x2000x6000 SPEC2 na 37699,65 kg. V tomto prípade bude firma po doplnení zásob schopná uspokojiť dopyt z 95%.

V prípade, že by firma chcela uspokojiť dopyt z 99%, objednávku by musela vystaviť pri poklese stavu zásob na:

$$B_0 + z_p = 16774,46 + 29638,72 = 46413,18 \text{ kg}.$$

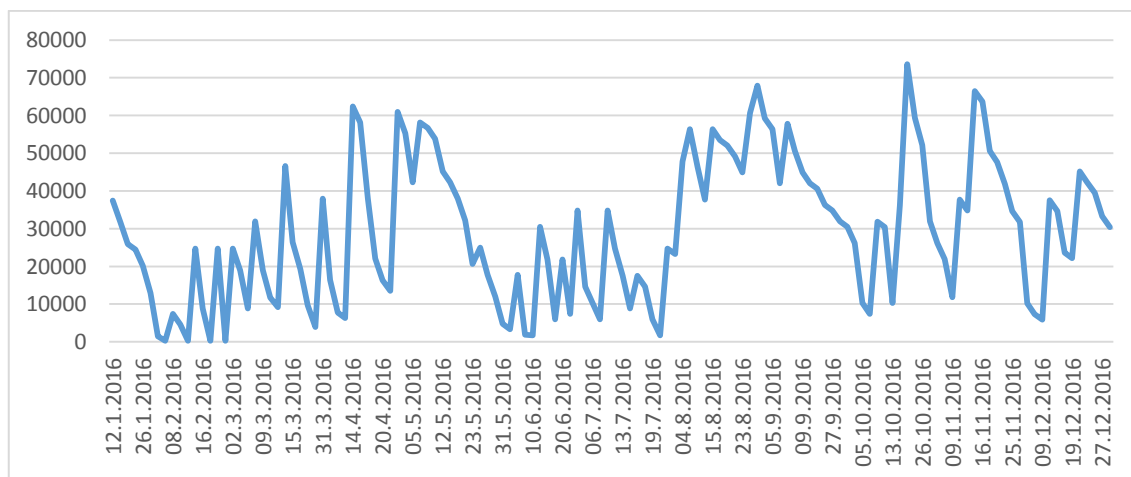
Môžeme povedať, že čím je stupeň úplnosti dodávky vyšší, vyššia je aj hodnota bodu znovuobjednávky.

2.3 PL 15x2000x6000 SPEC2

2.3.1 Analýza za rok 2016

Druhý typ zásoby, ktorého spotrebu budeme analyzovať, je plech PL 15x2000x6000 SPEC2. Hrúbka jedného kusu je 15 mm, dĺžka 2 metre, šírka 6 metrov a hmotnosť 1440 kg. Po PL 25x2000x6000 SPEC2 je to druhý najspotrebovanejší plech v danej firme, v roku 2016 sa ho spotrebovalo viac než 783 ton, čo je 16,6 percent z celkovej spotreby v danom roku. Po prepočte na počet platní predstavuje táto hodnota 543 kusov. Vyrábajú sa z neho komponenty pre 7 z 15 odberateľov z rôznych priemyslov.

Aby sme mohli spotrebu tohto plechu analyzovať, z dát v prílohe 2 vytvoríme časový rad, v ktorom každému dátumu, kedy prichádzalo buď k spotrebe tohto plechu alebo k jeho príjmu na sklad, priradíme hodnotu stavu zásob na sklade na konci daného dňa (v kg). Jednotlivé body vynesieme do grafu, aby sme dostali lepší obraz o ročnej spotrebe plechu.



Graf 7: Stav PL 15x2000x6000 SPEC2 na sklade (Zdroj: vlastné spracovanie)

Z grafu vidíme, že plechu bolo na sklade najviac 24.10.2016. Taktiež vidíme, že viac krát padol stav zásob takmer až na nulu, vďaka čomu mohlo prísť aj k čiastočnému zastaveniu výroby.

Aj v tomto prípade rozdelíme časový rad na cykly medzi jednotlivými dodávkami. V dňoch, kedy sa zásoba na sklad dopĺňala a aj spotrebovávala predpokladáme, že sa na spotrebu používal plech z predchádzajúceho cyklu, kým ten nový nebol naskladnený. Pre každý cyklus vyrovnáme dáta regresnou priamkou. Z koeficientov regresnej priamky potom získame údaj, ako rýchlo sa v jednotlivých cykloch plech spotrebovával a kedy by došlo k jeho vyčerpaniu.

Začneme prvým cyklom, ktorý trval od 12.1. do 8.2. Dosadíme do (1.32) a (1.33) a dostávame odhady koeficientov regresnej priamky:

$$\hat{\beta}_2 = \frac{911400,12 - 8 * 19290,85 * 9,75}{1084 - 8 * 9,75^2} = -1833,96$$

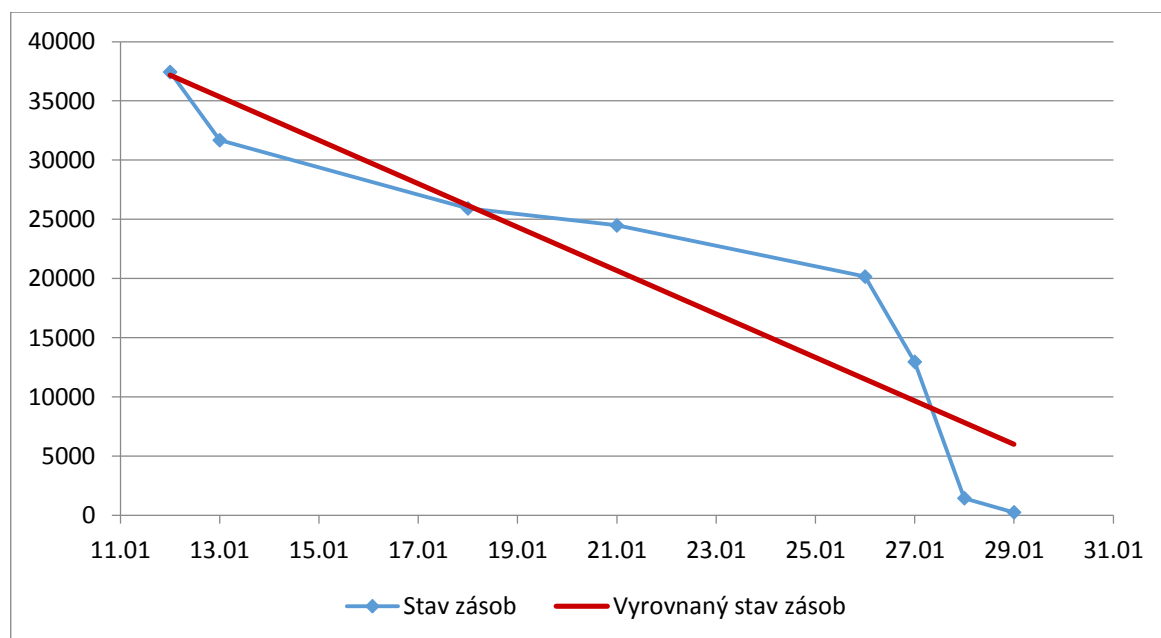
$$\hat{\beta}_1 = 19290,85 - (-1833,96) * 9,75 = 37171,96$$

Regresná priamka v prvom cykle má potom tvar:

$$\hat{z} = 37171,96 - 1833,96t$$

Koeficient $\hat{\beta}_2$ predstavuje hodnotu, okolo ktorej kolíše denná spotreba plechu v dobe od začiatku cyklu až po posledný okamih spotreby v ňom. V prvom cykle v tejto dobe denne ubúdalo 1833,96 kg plechu PL 15x2000x6000 SPEC2, čo je 1,27 plechu.

Priamku zakreslíme do grafu spolu so skutočným stavom zásob na sklade:



Graf 8: Vyrovnaný stav zásob PL 15x2000x6000 SPEC2 počas prvého cyklu (Zdroj: vlastné spracovanie)

Vypočítame koeficient determinácie, aby sme zistili, ako dobre regresná priamka vystihuje funkčnú závislosť medzi závislou premennou a nezávislou premennou.

$$R^2 = 1 - \frac{187810071,82}{1275871984,08} = 0,8528$$

Jeho hodnota je blízka jednej, takže zvolený regresný model môžeme považovať za vhodný. Model vysvetľuje 85,28% celkovej variability premennej z.

Aby sme určili, kedy by došlo k vyčerpaniu zásob, položíme regresnú priamku rovnú nule a vypočítame bod vyčerpania:

$$t_v = \frac{37171,96}{1833,96} = 20,27$$

Interval (20,21) predstavuje 21. deň od doplnenia zásob, to znamená, že k vyčerpaniu by došlo 2.2.2016.

Pre všetky ďalšie cykly v roku 2016 sú hodnoty koeficientov regresnej priamky a koeficientu determinácie zaznamenané do prehľadných tabuliek.

Cyklus	Dĺžka cyklu	Regresná priamka
1 .cyklus	12.1.2016 - 08.2.2016 (27 dní)	$z=37171,95-1833,96t$
2 .cyklus	08.2.2016 - 15.2.2016 (7 dní)	$z=7860,01-2262,4t$
3 .cyklus	15.2.2016 - 25.2.2016 (10 dní)	$z=20243,65-5372,64t$
4 .cyklus	25.2.2016 - 02.3.2016 (6 dní)	$z=24728,45-24480t$
5 .cyklus	02.3.2016 - 08.3.2016 (6 dní)	$z=20827,31-2584,32t$
6 .cyklus	08.3.2016 - 14.3.2016 (6 dní)	$z=29286,55-7548,12t$
7 .cyklus	14.3.2016 - 31.3.2016 (17 dní)	$z=32863,06-1996,84t$
8 .cyklus	31.3.2016 - 14.4.2016 (14 dní)	$z=36004,18-2803,19t$
9 .cyklus	14.4.2016 - 29.4.2016 (15 dní)	$z=52364,36-3383,05t$
10 .cyklus	29.4.2016 - 06.5.2016 (7 dní)	$z=62126,5-3072t$
11 .cyklus	06.5.2016 - 24.5.2016 (18 dní)	$z=60461,87-2208,09t$
12 .cyklus	24.5.2016 - 06.6.2016 (13 dní)	$z=21896,95-2115,87t$
13 .cyklus	06.6.2016 - 15.6.2016 (9 dní)	$z=17190,43-4310,92t$
14 .cyklus	15.6.2016 - 20.6.2016 (5 dní)	$z=31688,44-12240,16t$
15 .cyklus	20.6.2016 - 27.6.2016 (7 dní)	$z=21848,12-7200,64t$
16 .cyklus	27.6.2016 - 08.7.2016 (11 dní)	$z=29589,32-2389,64t$
17 .cyklus	08.7.2016 - 15.7.2016 (7 dní)	$z=36601,25-4073,45t$
18 .cyklus	15.7.2016 - 22.7.2016 (7 dní)	$z=18889,07-2745,57t$
19 .cyklus	22.7.2016 - 04.8.2016 (13 dní)	$z=24726,07-120t$
20 .cyklus	04.8.2016 - 09.8.2016 (5 dní)	$z=47766,12-3168,08t$
21 .cyklus	09.8.2016 - 15.8.2016 (6 dní)	$z=56165,74-9360t$
22 .cyklus	15.8.2016 - 24.8.2016 (9 dní)	$z=56540,78-1266,44t$

23 .cyklus	24.8.2016 - 30.8.2016 (6 dní)	z=60725,71
24 .cyklus	30.8.2016 - 07.9.2016 (8 dní)	z=66475,98-3204,69t
25 .cyklus	07.9.2016 - 11.10.2016 (34 dní)	z=56258,01-1328,58t
26 .cyklus	11.10.2016 - 19.10.2016 (8 dní)	z=34990,4-10800,81t
27 .cyklus	19.10.2016 - 24.10.2016 (5 dní)	z=36188,67
28 .cyklus	24.10.2016 - 10.11.2016 (17 dní)	z=63081,18-3358,88t
29 .cyklus	10.11.2016 - 15.11.2016 (5 dní)	z=37720,16-2880,54t
30 .cyklus	15.11.2016 - 12.12.2016 (27 dní)	z=64266,66-2411,16t
31 .cyklus	12.12.2016 - 20.12.2016 (8 dní)	z=37344,16-2412,96t
32 .cyklus	20.12.2016 - 28.12.2016 (8 dní)	z=44153,53-1667,92t

Tabuľka 4: Regresné priamky pre spotrebu PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Cyklus	Koeficient determinácie	Dni do vyčerpania	Deň vyčerpania
1 .cyklus	0,8528	21	02.02.2016
2 .cyklus	0,9097	4	12.02.2016
3 .cyklus	0,8114	4	19.02.2016
4 .cyklus	1	2	27.02.2016
5 .cyklus	0,6772	9	11.03.2016
6 .cyklus	0,9137	4	12.03.2016
7 .cyklus	0,7478	17	31.03.2016
8 .cyklus	0,9166	13	13.04.2016
9 .cyklus	0,751	16	30.04.2016
10 .cyklus	0,97	21	20.05.2016
11 .cyklus	0,9687	28	03.06.2016
12 .cyklus	0,8954	11	04.06.2016
13 .cyklus	0,9484	4	10.06.2016
14 .cyklus	0,972	3	18.06.2016
15 .cyklus	1	4	24.06.2016
16 .cyklus	0,8094	13	10.07.2016
17 .cyklus	0,9316	9	17.07.2016
18 .cyklus	0,8656	7	22.07.2016
19 .cyklus	1	207	14.02.2017
20 .cyklus	1	16	20.08.2016
21 .cyklus	0,998	7	16.08.2016
22 .cyklus	0,9315	45	29.09.2016
23 .cyklus	-	-	-
24 .cyklus	0,8113	21	20.09.2016
25 .cyklus	0,879	43	20.10.2016
26 .cyklus	0,7998	4	15.10.2016
27 .cyklus	-	-	-
28 .cyklus	0,9323	19	12.11.2016
29 .cyklus	1	14	24.11.2016
30 .cyklus	0,9632	27	12.12.2016
31 .cyklus	0,865	16	28.12.2016

32 .cyklus	0,9746	27	16.01.2017
------------	--------	----	------------

Tabuľka 5: Doplnujúce údaje k regresnej analýze PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Plech PL 15x2000x6000 SPEC2 sa v roku 2016 naskladňoval celkovo 32-krát. Jeho spotreba však prebiehala iba v 30 z 32 cyklov. V cykle 23 a 27 výroba neprebíhala, čo mohlo byť spôsobené nízkym dopytom po komponentoch vyrábaných z tohto plechu v tom období. Hodnota koeficientu determinácie je v každom prípade blízka jednej, čo značí vhodnú voľbu regresného modelu.

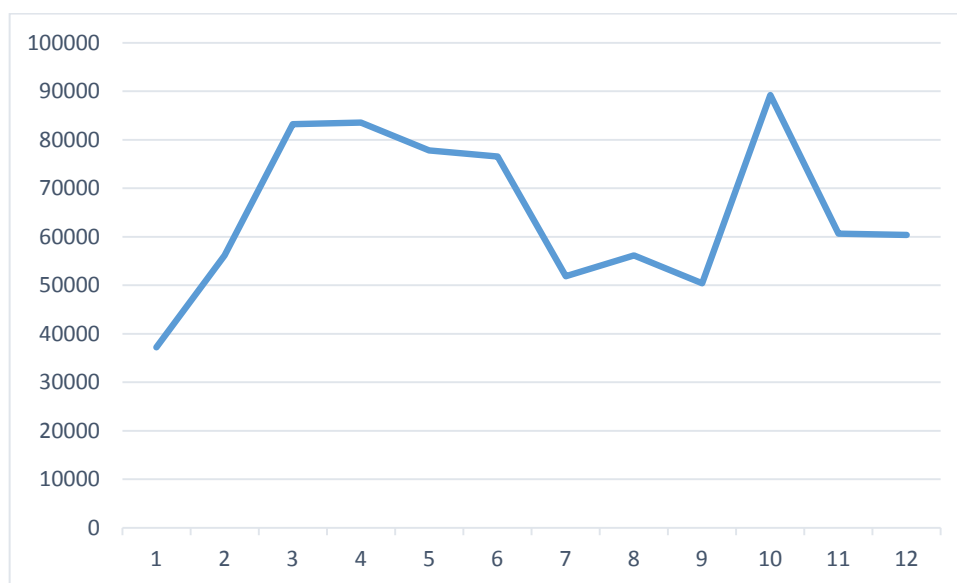
2.3.2 Norma poistnej zásoby

Pred určením normy poistnej zásoby musíme najprv zostrojiť časový rad hodnôt veľkosti spotreby plechu PL 15x2000x6000 SPEC2 v kalendárnych mesiacoch v roku 2016. Z dát z prílohy 2 sčítame množstvo spotreby pre každý mesiac a zapíšeme do tabuľky.

Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún
37191,55 kg	56160 kg	83244,26 kg	83525,73 kg	77787,42 kg	76564,73 kg
Júl	August	September	Október	November	December
51840,24 kg	56157,88 kg	50402,32 kg	89242,84 kg	60650,19 kg	60395,58 kg

Tabuľka 6: Mesačná spotreba PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Údaje teraz vynesieme do grafu:



Graf 9: Mesačná spotreba PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Analýza dopytu

Norma poistnej zásoby závisí na predpovedi budúceho dopytu. Pomocou regresnej analýzy vyrovnáme dáta o spotrebe v jednotlivých mesiacoch priamkou a zistíme, či vykazujú trend.

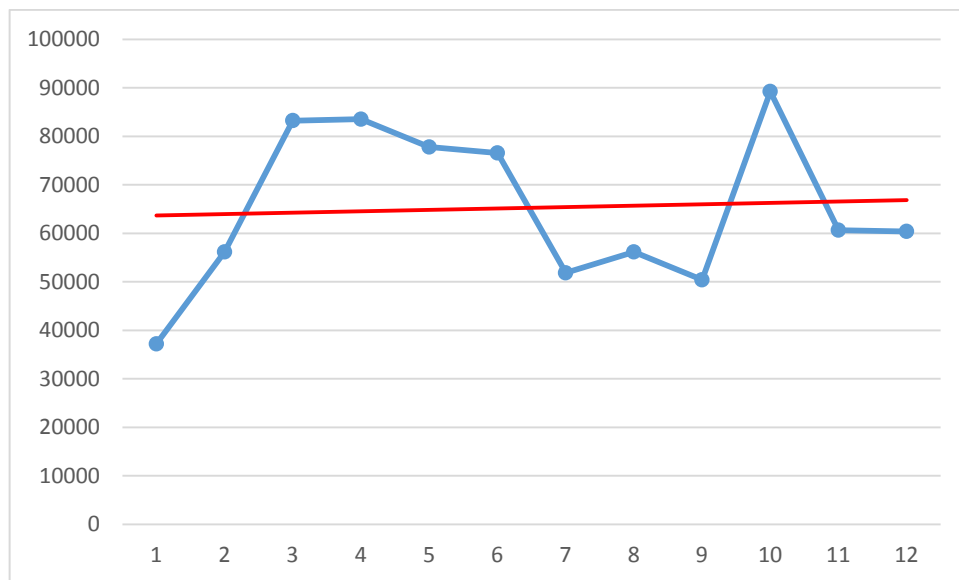
Vypočítame koeficienty regresnej priamky:

$$a = \frac{5131765,78 - 12 * 65263,56167 * 6,5}{650 - 12 * 6,5^2} = 288,17$$

$$b = 65263,56167 - 288,17 * 6,5 = 63390,45667$$

Lineárna vyrovňavacia funkcia má potom tvar:

$$\hat{y} = 288,17 * i + 63390,45667$$



Graf 10: Vyrovnaná mesačná spotreba PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Z grafu je zrejmé, že trend má veľmi malú rastúcu tendenciu. Či trend skutočne ovplyvňuje spotrebu, resp. dopyt, rozhodneme na základe otestovania trendového činiteľa a na jeho významnosť. Zapišeme hypotézy:

$$H_0: a = 0 \text{ (trendový činiteľ je štatisticky nevýznamný)}$$

$$H_1: a \neq 0 \text{ (trendový činiteľ je štatisticky významný)}$$

Vypočítame testovú štatistiku:

$$t = \frac{288,17}{17042,16931 * \sqrt{0,00699}} = 0,2022$$

Určíme kritickú oblasť pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$:

$$W_{0,95} = \{t; |t| \geq 2,228\}$$

Hodnota vypočítanej testovej štatistiky $t = 0,2022$ nepatrí do kritickej oblasti, takže hypotézu H_0 na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ prijímame. To znamená, že trend neovplyvňuje spotrebu plechu PL 15x2000x6000 SPEC2. Dopyt resp. spotrebu tejto položky môžeme považovať za ustálenú.

Výpočet charakteristík čerpania zásob

Vďaka predchádzajúcemu testu môžeme budúcu spotrebu odhadnúť pomocou výberového priemeru a výberového rozptylu predchádzajúcej spotreby podľa (1.37) a (1.38).

Výberový priemer:

$$\overline{y_d} = \frac{783162,74}{12} = 65263,56 \text{ kg.}$$

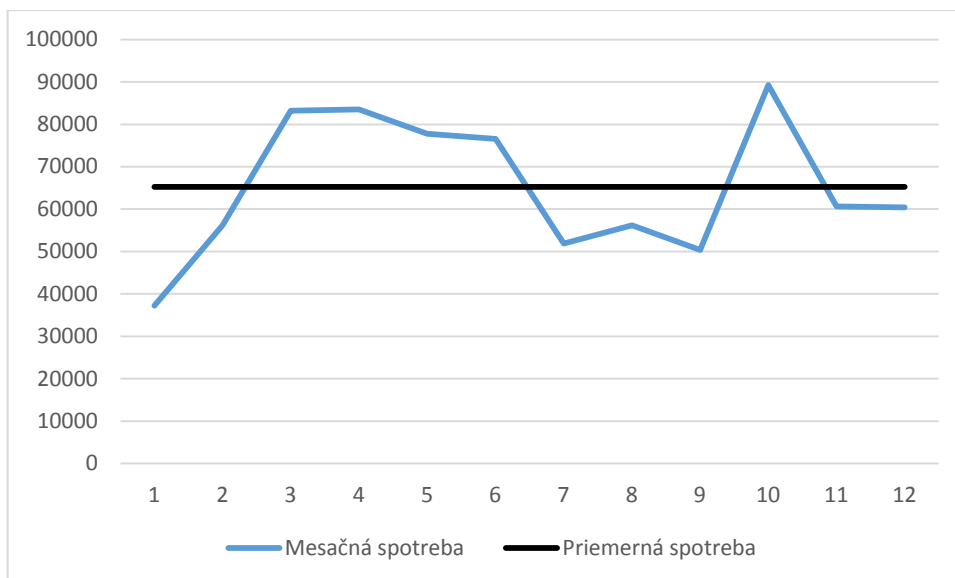
Výberový rozptyl:

$$s_d^2 = \frac{1}{11} * (54028219929 - 12 * 65263,56^2) = 265112069,3 \text{ kg}^2.$$

A smerodajná odchýlka mesačnej spotreby bude:

$$s_d = \sqrt{265112069,3} = 16282,26 \text{ kg.}$$

Priemerná mesačná spotreba plechu PL 15x2000x6000 SPEC2 je 65263,56 kg s odchýlkou 16282,26 kg. Údaje sú zaznamenané v nasledujúcom grafe.



Graf 11: Priemerná spotreba PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Z výpočtov očakávame, že budúca spotreba bude kolísať okolo hodnoty 65263,56 kg s odchýlkou 16282,26 kg.

Výpočet charakteristík obstarávacej lehoty

Plech PL 15x2000x6000 SPEC2 firma nakupuje u rovnakého dodávateľa ako plech PL 25x2000x6000 SPEC2. Priemerná obstarávacia doba od vystavenia objednávky až po naskladnenie zásob je tiež 7 dní. Túto hodnotu prepočítame na mesiace a dostávame:

$$\bar{t}_l = \frac{7}{30} \text{ mesiaca.}$$

Opäť zvolíme $t_{l_{min}} = 6/30$ a $t_{l_{max}} = 8/30$. Z týchto údajov odhadneme smerodajnú odchýlku obstarávacej lehoty podľa (1.41).

$$s_l \approx 0,25 \left(\frac{8}{30} - \frac{6}{30} \right) = 0,0166667 \text{ mesiaca}$$

Určenie normy poistnej zásoby

Aby sme mohli určiť normu poistnej zásoby, musíme ešte odhadnúť celkovú smerodajnú odchýlku dopytu σ_c . Použijeme na to vzorec (1.43).

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{7}{30} * 16282,262^2 + (65263,56 * 0,0166667)^2} = 7939,94 \text{ kg}$$

Tak ako v prípade plechu PL 25x2000x6000 SPEC2, aj teraz vypočítame normu poistnej zásoby pre tri rôzne stupne úplnosti dodávky.

Pri päťdesiatpercentnom stupni úplnosti dodávky máme $\alpha = 0,5$ a $u_{0,50} = 0$.
Potom:

$$z_p = 0 * 7939,94 = 0 \text{ kg}$$

Teraz nech je stupeň úplnosti dodávky 95%.

$$z_p = 1,645 * 7939,94 = 13061,2 \text{ kg}$$

A nakoniec nech je stupeň úplnosti dodávky 99%. Norma poistnej zásoby má potom veľkosť:

$$z_p = 2,33 * 7939,94 = 18500,06 \text{ kg}.$$

Bod znovuobjednávky

V prípade, že firma neudrží normu poistnej zásoby, je potrebné vystaviť objednávku, keď množstvo plechu na sklade poklesne na:

$$B_0 = 65263,56 * \frac{7}{30} = 15228,164 \text{ kg}.$$

Ak firma udrží normu poistnej zásoby na úrovni 13061,2 kg, čo znamená, že stupeň úplnosti dodávky je 95% , bod znovuobjednávky má hodnotu:

$$B_0 + z_p = 15228,164 + 13061,2 = 28289,364 \text{ kg}.$$

Pri stupni úplnosti dodávky 99%, by mala firma vystaviť novú objednávku pri poklese stavu zásob plechu na:

$$B_0 + z_p = 15228,164 + 18500,06 = 33728,224 \text{ kg}.$$

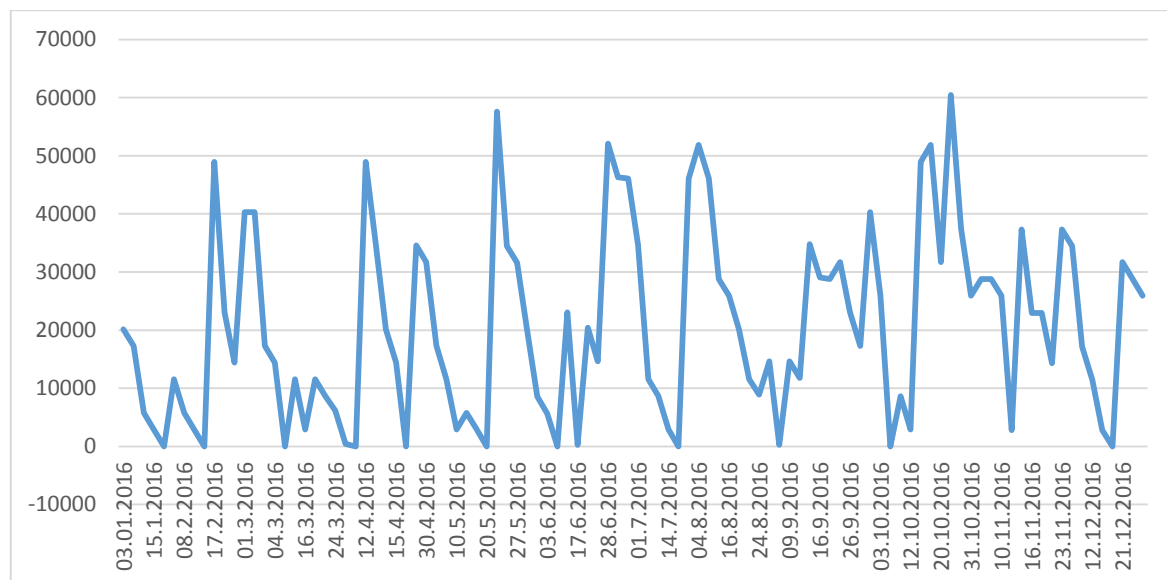
2.4 PL 30x2000x6000 SPEC2

2.4.1 Analýza za rok 2016

Posledný typ zásoby, ktorého spotrebu rozoberieme, je plech PL 30x2000x6000 SPEC2. Hrúbka jedného kusu je 30 milimetrov a hmotnosť 2880 kg. Čo sa týka počtu kilogramov, je to tretí najpoužívanější plech vo firme a v roku 2016 bolo vo výrobe

použitých viac než 653 ton, čo je takmer 227 platní. Vyrábajú sa z neho komponenty pre 6 zákazníkov, ktorý pôsobia v rôznych priemysloch.

Rovnako ako v predchádzajúcich dvoch prípadoch z dát z prílohy 3 zostrojíme časový rad a vynesieme jeho hodnoty do grafu, aby sme získali dobrý prehľad o stave zásob tohto plechu na sklade počas roku 2016.



Graf 12: Stav PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Teraz rozdelíme časový rad na cykly medzi jednotlivými dodávkami. Ak v jeden deň zásoba na sklad pribúdala aj ubúdala, zaraďujeme jej úbytok do predchádzajúceho cyklu a prírastok do nového cyklu. Pre každý cyklus vyrovnáme dáta pomocou regresnej analýzy.

Najprv vyrovnáme hodnoty stavu zásob na sklade v prvom cykle. Ten trval od 3.1. do 2.2. Dosadíme do (1.32) a (1.33) a vypočítame odhady koeficientov regresnej priamky.

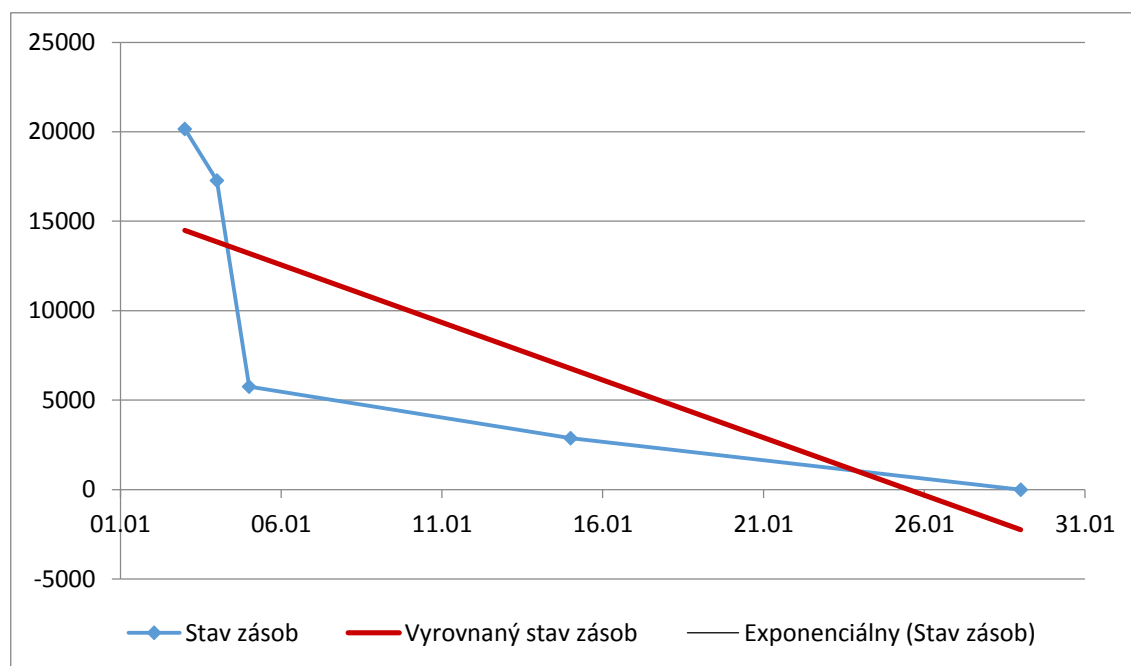
$$\hat{\beta}_2 = \frac{63360 - 5 * 9216 * 8,2}{825 - 5 * 8,2^2} = -643,404$$

$$\hat{\beta}_1 = 9216 - (-643,404) * 8,2 = 14491,91$$

Regresnú priamku z prvého cyklu zapíšeme v tvare:

$$\hat{z} = 14491,91 - 643,404t$$

Z regresnej priamky vyčítame, že okolo hodnoty 643,404 kg kolíšu denné úbytky plechu od 3.1. do 29.1.2016. Toto číslo predstavuje 0,22 plechu PL 30x2000x6000 SPEC2.



Graf 13: Vyrovnaný stav zásob PL 30x2000x6000 SPEC počas prvého cyklu (Zdroj: vlastné spracovanie)

Teraz vypočítame koeficient determinácie regresnej priamky v prvom cykle.

$$R^2 = 1 - \frac{119474655,32}{321822720} = 0,6288$$

Táto hodnota nie je blízka jednej, a preto závislosť v danom modeli nie je až taká silná. Je to spôsobené vysokou spotrebou 5.1. oproti ostatným dňom. Model vysvetľuje 62,88% celkovej variability premennej z.

Z rovnice regresnej priamky vypočítame, kedy by došlo k vyčerpaniu zásob tohto plechu.

$$t_v = \frac{14491,91}{643,404} = 22,52$$

Opäť interval <22,23> predstavuje 23. deň od doplnenia zásob, to znamená, že k vyčerpaniu by došlo 26.1.2016. Nielen z dát z prílohy 3, ale aj z grafu však vidíme, že k skutočnému vyčerpaniu zásob došlo o tri dni neskôr a to 29.1. Nepresnosť výpočtu je spôsobená tým, že zvolený regresný model nevystihuje až tak dobre skutočný priebeh zásob v tomto cykle. Vidíme to aj na grafe, aj na nižšej hodnote koeficientu

determinácie. Možným riešením by bolo zvoliť iný typ regresnej funkcie, napríklad kvadratickú alebo exponenciálnu funkciu. Dosiahli by sme tým vyšší koeficient determinácie, ale veľkou nevýhodou by bolo, že dané funkcie by nikdy nemuseli pretnúť osu t (dokonca v prípade exponenciálnej funkcie by sa to nikdy nestalo), čo by nám nedávalo žiaden bod vyčerpania. Práve z tohto hľadiska sa priamka zdá byť najlepším možným riešením.

Údaje o ďalších cykloch počas roku 2016 sú zaznamenané v nasledujúcej tabuľke

<i>Cyklus</i>	<i>Dĺžka cyklu</i>	<i>Regresná priamka</i>
1 .cyklus	03.01.2016 - 02.2.2016 (30 dní)	$z=14491,91-643,4t$
2 .cyklus	02.2.2016 - 08.2.2016 (6 dní)	$z=11520-1920t$
3 .cyklus	08.2.2016 - 17.2.2016 (9 dní)	$z=5759,7-2880t$
4 .cyklus	17.2.2016 - 01.3.2016 (13 dní)	$z=46080-17280t$
5 .cyklus	01.3.2016 - 14.3.2016 (13 dní)	$z=36638,57-5062,28t$
6 .cyklus	14.3.2016 - 22.3.2016 (8 dní)	$z=11520-4320,39t$
7 .cyklus	22.3.2016 - 12.4.2016 (21 dní)	$z=10051,37-1238,33t$
8 .cyklus	12.4.2016 - 29.4.2016 (17 dní)	$z=42330,57-7797,74t$
9 .cyklus	29.4.2016 - 06.5.2016 (7 dní)	$z=34409,74-4658,09t$
10 .cyklus	06.5.2016 - 18.5.2016 (12 dní)	$z=11520-2160,22t$
11 .cyklus	18.5.2016 - 24.5.2016 (6 dní)	$z=5758,97-2879,56t$
12 .cyklus	24.5.2016 - 16.6.2016 (23 dní)	$z=46847,45-3862,11t$
13 .cyklus	16.6.2016 - 22.6.2016 (6 dní)	$z=23040-22808,92t$
14 .cyklus	22.6.2016 - 28.6.2016 (6 dní)	$z=20391,08-5760,02t$
15 .cyklus	28.6.2016 - 22.7.2016 (24 dní)	$z=44234,28-2408,49t$
16 .cyklus	22.7.2016 - 04.8.2016 (13 dní)	$z=46080$
17 .cyklus	04.8.2016 - 25.8.2016 (21 dní)	$z=49690,46-2125,62t$
18 .cyklus	25.8.2016 - 09.9.2016 (15 dní)	$z=14653,03-1028,57t$
19 .cyklus	09.9.2016 - 14.9.2016 (5 dní)	$z=14653,03-720,03t$
20 .cyklus	14.9.2016 - 22.9.2016 (8 dní)	$z=32999,34-703,69t$
21 .cyklus	22.9.2016 - 30.9.2016 (8 dní)	$z=31884,73-2365,84t$
22 .cyklus	30.9.2016 - 06.10.2016 (6 dní)	$z=42754,79-8861,16t$
23 .cyklus	06.10.2016 - 14.10.2016 (8 dní)	$z=8640-960t$
24 .cyklus	14.10.2016 - 19.10.2016 (5 dní)	$z=48960$
25 .cyklus	19.10.2016 - 25.10.2016 (6 dní)	$z=51840-20160t$
26 .cyklus	25.10.2016 - 02.11.2016 (8 dní)	$z=52118,51-4645,33t$
27 .cyklus	02.11.2016 - 07.11.2016 (5 dní)	$z=28798,8-1152t$
28 .cyklus	07.11.2016 - 15.11.2016 (8 dní)	$z=31929,67-3830,23t$
29 .cyklus	15.11.2016 - 23.11.2016 (8 dní)	$z=31669,7-2654,28t$
30 .cyklus	23.11.2016 - 21.12.2016 (28 dní)	$z=39774,06-1672,99t$
31 .cyklus	21.12.2016 - 28.12.2016 (7 dní)	$z=31847,7-703,37t$

Tabuľka 7: Regresné priamky pre PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

<i>Cyklus</i>	<i>Koeficient determinácie</i>	<i>Dni do vyčerpania</i>	<i>Deň vyčerpania</i>
1 .cyklus	0,6288	23	26.01.2016
2 .cyklus	1	6	08.02.2016
3 .cyklus	1	2	10.02.2016
4 .cyklus	0,9231	3	20.02.2016
5 .cyklus	0,8056	8	09.03.2016
6 .cyklus	1	3	17.03.2016
7 .cyklus	0,9384	9	31.03.2016
8 .cyklus	0,9099	6	18.04.2016
9 .cyklus	0,9767	8	07.05.2016
10 .cyklus	1	6	12.05.2016
11 .cyklus	1	2	20.05.2016
12 .cyklus	0,8984	13	06.06.2016
13 .cyklus	1	2	18.06.2016
14 .cyklus	1	4	26.06.2016
15 .cyklus	0,8244	19	17.07.2016
16 .cyklus	-	-	-
17 .cyklus	0,923	24	28.08.2016
18 .cyklus	1	15	09.09.2016
19 .cyklus	1	21	30.09.2016
20 .cyklus	0,5565	47	31.10.2016
21 .cyklus	0,9944	14	06.10.2016
22 .cyklus	0,8151	5	05.10.2016
23 .cyklus	1	10	16.10.2016
24 .cyklus	-	-	-
25 .cyklus	1	3	22.10.2016
26 .cyklus	0,7201	12	06.11.2016
27 .cyklus	1	25	27.11.2016
28 .cyklus	0,8887	9	16.11.2016
29 .cyklus	0,7401	12	27.11.2016
30 .cyklus	0,9735	24	17.12.2016
31 .cyklus	0,8546	46	05.02.2017

Tabuľka 8: Doplnujúce údaje k regresnej analýze PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

PL 30x2000x6000 SPEC2 sa v roku 2016 spracovával v 31 dodávkových cykloch. Koeficient determinácie má skoro v každom cykle hodnotu blízku jednej, čo znamená, že výpočty týkajúce sa bodu vyčerpania majú väčšiu vypovedaciu hodnotu ako v prvom cykle.

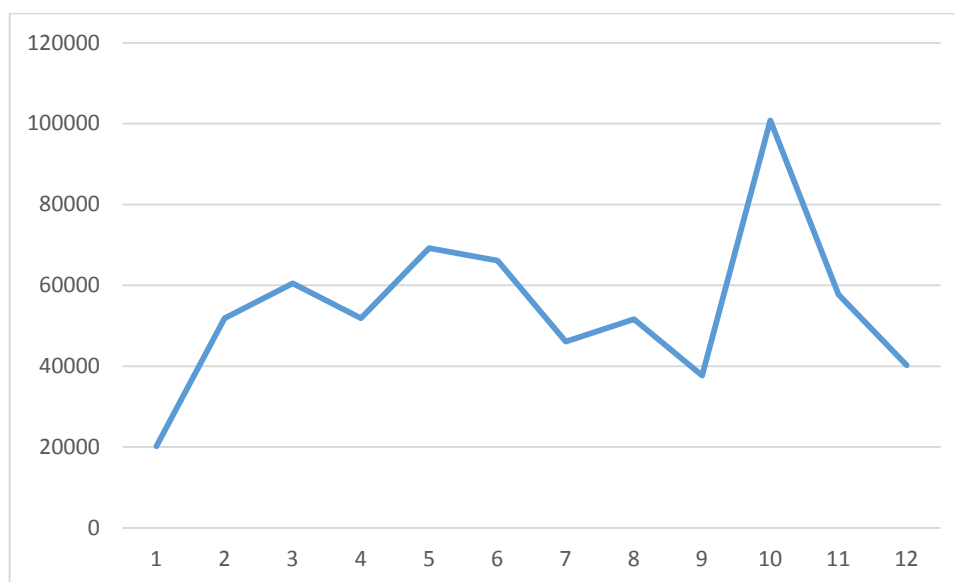
2.4.2 Norma poistnej zásoby

Najprv do tabuľky zaznačíme hodnoty mesačnej spotreby, ktoré získame z dát z prílohy 3.

Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún
20160 kg	51840 kg	60480 kg	51840 kg	69200 kg	66143,94 kg
Júl	August	September	Október	November	December
46096,06 kg	51586,97 kg	37694,95 kg	100799,28 kg	57706,63 kg	40212,92 kg

Tabuľka 9: Mesačná spotreba PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Následne ich vynesieme do grafu.



Graf 14: Mesačná spotreba PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Analýza dopytu

Teraz vypočítame koeficienty lineárnej vyrovnávacej funkcie, aby sme zistili, či spotreba v roku 2016 vykazovala trend. Pomocou vzorcov (1.19),(1.20) počítame:

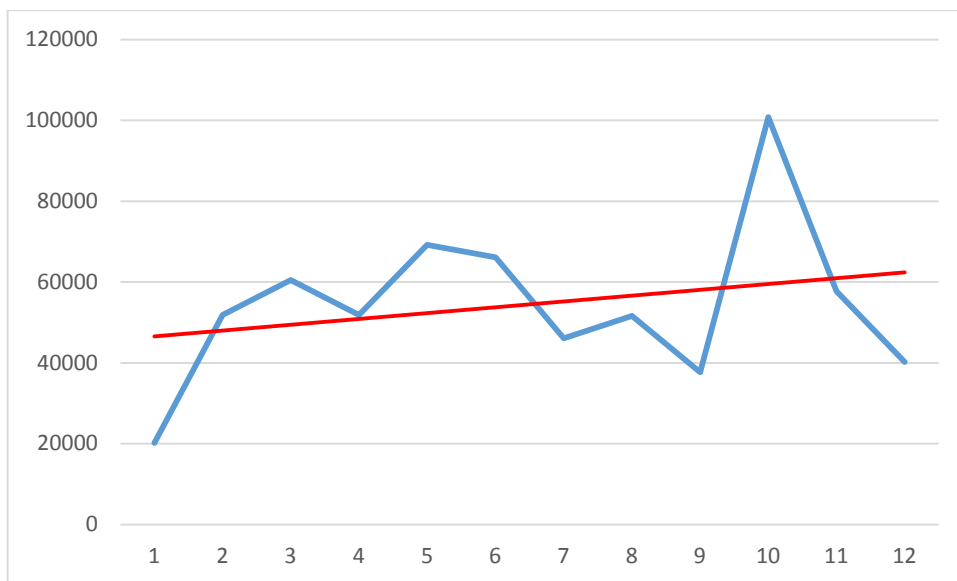
$$a = \frac{4455447,14 - 12 * 54480,0625 * 6,5}{650 - 12 * 6,5^2} = 1440,56$$

$$b = 54480,0625 - 1440,56 * 6,5 = 45116,42$$

Dostaneme tvar regresnej priamky:

$$\hat{y} = 1440,56 * i + 45116,42$$

Priamku vynesieme do grafu spolu s mesačnou spotrebou.



Graf 15: Vyrovnaná mesačná spotreba PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Teraz otestujeme trendový činiteľ na jeho významnosť. Zapišeme hypotézy H_0 a H_1 , vypočítame testovú štatistiku t a porovnáme ju s kritickou oblasťou pre hladinu významnosti $\alpha = 0,05$.

$H_0: a = 0$ (trendový činiteľ je štatisticky nevýznamný)

$H_1: a \neq 0$ (trendový činiteľ je štatisticky významný)

$$t = \frac{1440,56}{20008,99826 * \sqrt{0,00699}} = 0,8611$$

$$W_{0,95} = \{t; |t| \geq 2,228\}$$

Ani v tomto prípade hodnota testovacej štatistiky nepatrí do kritickej oblasti, a preto hypotézu H_0 na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ prijímame. Ani v prípade tohto plechu spotreba v roku 2016 nevykazovala trend.

Výpočet charakteristík čerpania zásob

Po vykonaní t -testu môžeme spotrebu plechu PL 30x2000x6000 SPEC2 považovať za ustálenú. Budúcu spotrebu odhadneme pomocou výberového priemeru a výberového rozptylu predchádzajúcej spotreby. Na výpočty použijeme vzorce (1.37) a (1.38).

Výberový priemer:

$$\bar{y}_d = \frac{653760,75}{12} = 54480,06 \text{ kg}$$

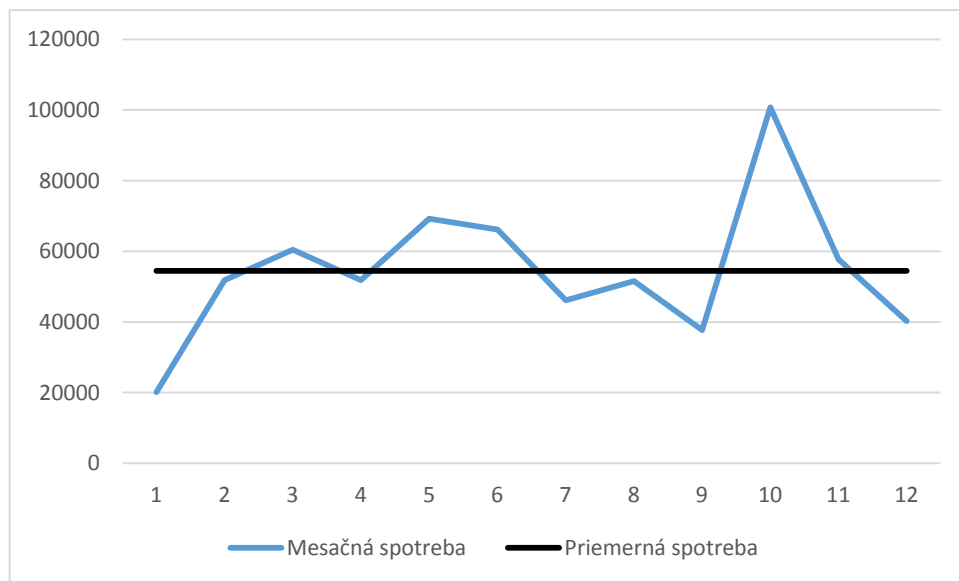
Výberový rozptyl:

$$s_d^2 = \frac{1}{11} * (39917288405 - 12 * 54480,06^2) = 390942286,7 \text{ kg}^2$$

Smerodajná odchýlka mesačnej spotreby:

$$s_d = \sqrt{390942286,7} = 19772,26 \text{ kg}$$

Veľkosť budúcej mesačnej spotreby bude teda kolísať okolo hodnoty 54480,06 kg s odchýlkou 19772,26 kg.



Graf 16: Priemerná mesačná spotreba PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Výpočet charakteristík obstarávacej lehoty

Aj v prípade plechu PL 30x2000x6000 SPEC2 je priemerná obstarávacia doba 7 dní \pm 1 deň. Zapišeme teda $\bar{t}_l = \frac{7}{30} \text{ mesiacu}$, $t_{l_{min}} = \frac{6}{30} \text{ mesiacu}$ a $t_{l_{max}} = \frac{8}{30} \text{ mesiacu}$.

Smerodajná odchýlka obstarávacej lehoty má opäť hodnotu:

$$s_l \approx 0,25 \left(\frac{8}{30} - \frac{6}{30} \right) = 0,0166667 \text{ mesiacu}$$

Určenie normy poistnej zásoby

Podľa vzorca (1.43) teraz odhadneme celkovú smerodajnú odchýlku dopytu.

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{7}{30} * 19772,26^2 + (54480,06 * 0,0166667)^2} = 9593,97 \text{ kg}$$

Znovu vypočítame normu poistnej zásoby pre tri rôzne stupne úplnosti dodávky.
V prípade, že $\alpha = 0,5$, máme nulovú normu poistnej zásoby.

Pre $\alpha = 0,95$ máme

$$z_p = 1,645 * 9593,97 = 15782,08 \text{ kg}$$

a pre $\alpha = 0,99$

$$z_p = 2,33 * 9593,97 = 22353,95 \text{ kg}.$$

Bod znovuobjednávky

Pri nulovej norme poistnej zásoby má bod znovuobjednávky nasledujúcu hodnotu:

$$B_0 = 54480,06 * \frac{7}{30} = 12712,01 \text{ kg}.$$

Ešte vypočítame bod znovuobjednávky pre stupeň úplnosti dodávky 95%:

$$B_0 + z_p = 12712,01 + 15782,08 = 28494,09 \text{ kg}.$$

A nakoniec aj pre stupeň úplnosti dodávky 99%:

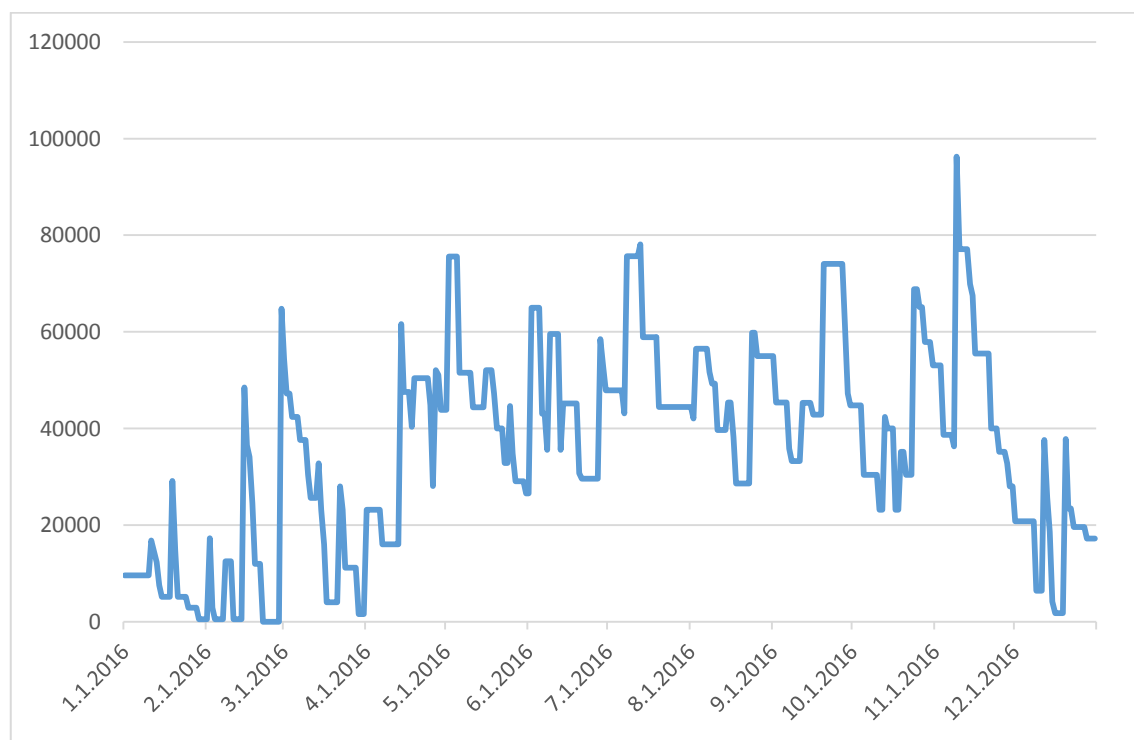
$$B_0 + z_p = 12712,01 + 22353,95 = 35065,96 \text{ kg}.$$

3 VLASTNÉ NÁVRHY A RIEŠENIA

V tejto kapitole sú stručne zhrnuté výsledky získané v predchádzajúcej časti a opísané návrhy na zlepšenie týkajúce sa riadenia zásob troch najpoužívanějších plechov vo výrobe danej firmy. V závere kapitoly je predstavený program, ktorého účelom je pomôcť optimalizovať a zefektívniť ich skladovanie.

3.1 Zhrnutie analýzy

Ako prvý sme v analytickej časti rozoberali plech **PL 25x2000x6000 SPEC2**, ktorý je najpoužívanším plechom vo výrobe vybranej firmy. Nasledujúci graf lepšie znázorní stav zásob tohto plechu na sklade počas každého dňa v roku 2016.



Graf 17: Denný stav PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Počas prvých dvoch mesiacov prišlo 4-krát k takmer úplnému vyčerpaniu zásob. 29.1. klesla hodnota plechu na sklade na 496,86 kg, čo nepredstavuje ani jednu celú platňu. Tento stav trval 4 dni do 2.2., kedy prišlo k doplneniu zásob. Počas nasledujúcich troch dní sa však doplnený materiál spotreboval a na sklade ostalo opäť len 496,86 kg. Táto situácia sa do 1.3. opakovala 4 razy.

Počas prvých dvoch mesiacov v roku 2016 mala firma na sklade menej než 1 celý kus plechu celkovo až 16 dní. Do konca roku kleslo množstvo zásob na veľmi nízke hodnoty ešte 2-krát, a to v období od 29.3. do 31.3. a od 16.12. do 19.12. V oboch z týchto prípadov nebola na sklade dostupná ani jedna celá platňa. Mohlo sa stať, že výroba bola v týchto dňoch zastavená, čo mohlo následne vyústiť do nesplnenia objednávok a časových sklzov.

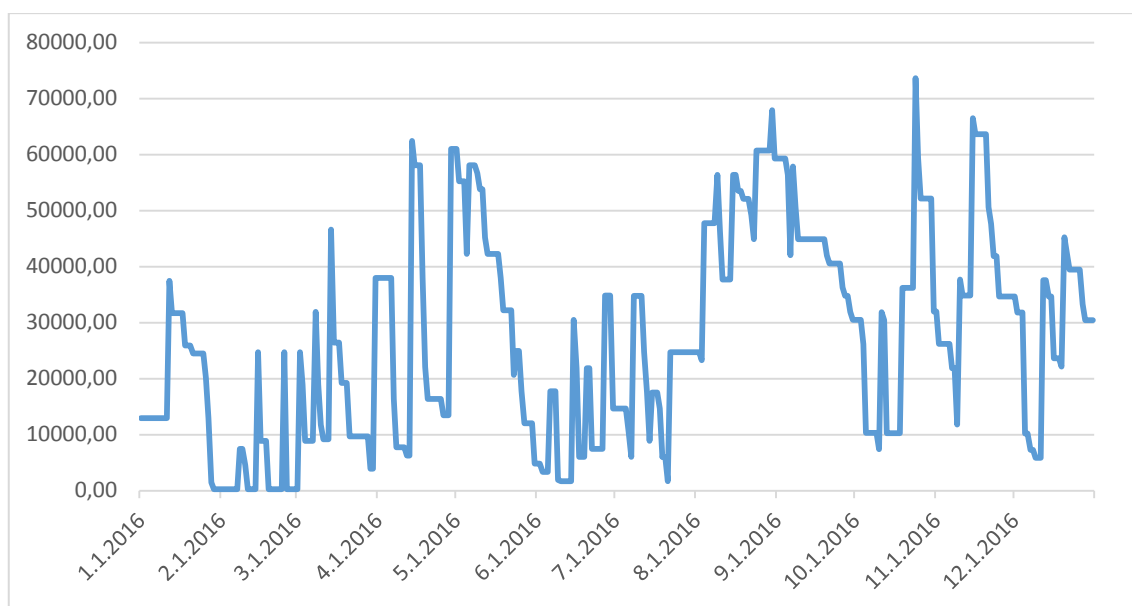
Na druhej strane od 14.4. do 9.11. mala firma na sklade vysoké množstvo tejto zásoby. Vďaka tomu v tomto období stav zásob na sklade neobmedzoval plynulosť výroby (na rozdiel od prvých troch mesiacov). Najmenšou hodnotou v tomto období je 23198 kg. Pre porovnanie norma poistnej zásoby pre stupeň úplnosti dodávky 95% je 20925 kg. Firma v tomto období mohla prichádzať o možnosť uskladnenia iných druhov zásob, pretože má kapacitne obmedzený sklad, či o lepšie zhodnotenie finančných prostriedkov.

Počas niektorých dní mala firma nedostatok plechu PL 25x2000x6000 SPEC2 a počas niektorých aj jeho prebytok. Preto by sa mala viac sústrediť na udržiavanie optimálneho množstva zásob na sklade a dbať na **udržiavanie poistnej zásoby**, aby bola pravdepodobnosť uspokojenia dopytu počas doby od vystavenia objednávky až po jej prijatie na sklad veľmi vysoká.

Ako druhý sme analyzovali plech **PL 15x2000x6000 SPEC2**. V grafe č.18 je zaznamenaný stav plechu na sklade počas každého dňa v roku 2016.

Aj v prípade tohto plechu prišlo do 1.3. až 4-krát k takmer jeho úplnému vyčerpaniu. 21 dní firma disponovala len približne 249 kg tohto plechu, čo je len sedemnást' stotín jednej platne. Takže ak v tomto období prijímala objednávky na komponenty vyrábané z tejto zásoby, ich výroba musela počkať do doplnenia zásob plechu. To mohlo viesť k časovým sklzom a k nespokojnosti zákazníkov. Počas ďalších období už firma držala stav zásob na vyššej úrovni, no napriek tomu ešte 2-krát kleslo množstvo plechu na veľmi nízku hodnotu.

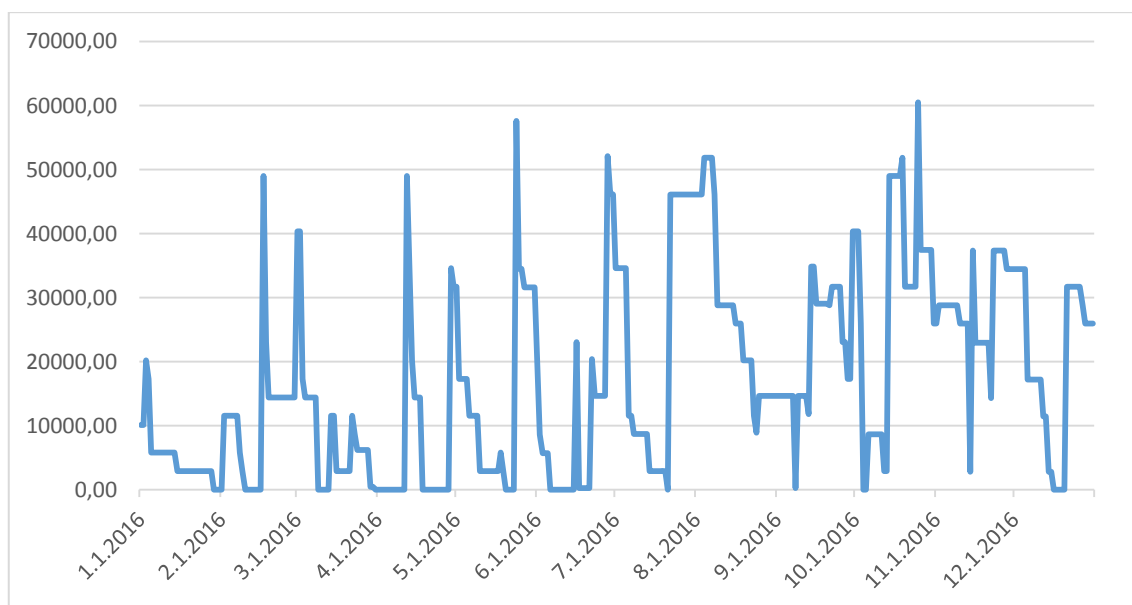
Od 23.7. do 4.10. bolo množstvo plechu na sklade vysoké a výrazne prevyšovalo normu poistnej zásoby pre úplnosť dodávky 95%, ktorá má hodnotu 28289,36 kg.



Graf 18: Denný stav PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Aj v tomto prípade by sa firma mala zamerať na udržiavanie optimálneho množstva zásob na sklade, aby nebola ovplyvnená plynulosť výroby **a udržiavať poistnú zásobu počas celého roku.**

Ako posledný sme analyzovali plech **PL 30x2000x6000 SPEC2**. Jeho denný stav na sklade je zaznamenaný v grafe č. 20.



Graf 19: Denný stav PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

V tomto prípade firma nemala problém s vyčerpaním zásob plechu len v prvých mesiacoch, ale počas celého roku 2016. Až 12-krát kleslo množstvo plechu úplne na

nulu, čo v týchto prípadoch mohlo viesť k zastaveniu výroby a nenapĺňaniu výrobného plánu.

Spomedzi všetkých analyzovaných plechov došlo v prípade PL 30x2000x6000 SPEC2 najviac krát k jeho vyčerpaniu. **Udržiavanie poistnej zásoby** môže firme výrazne pomôcť zefektívniť riadenie zásob tejto položky.

3.2 Vlastné návrhy riešenia

Zo zhrnutia je zrejmé, že v prípade každého z troch najpoužívanějších plechov vo výrobe danej firmy prišlo počas roku 2016 viackrát k poklesu stavu zásob na veľmi nízke hodnoty. Keďže ich spotreba tvorí takmer 50% spotreby všetkých plechov, táto situácia nie je pre firmu veľmi výhodná. Vzniknuté problémy, ako prerušovanie výroby či nenapĺňovanie výrobného plánu, museli byť riešené nadčasmi robotníkov alebo posúvaním termínu expedície daných komponentov k zákazníkovi. A to nie je optimálne riešenie, pretože práca nadčas môže u zamestnancov vyvolať nespokojnosť, ktorá môže v krajných prípadoch vyústiť až do štrajku (ktorý by znamenal len ďalšie zastavenie výroby). Posúvanie termínu expedície spôsobuje nespokojnosť u zákazníkov, čím firma riskuje, že príde o ich objednávky. A v neposlednom rade, keď firma nevyrába, nemá čo predávať, takže tým prichádza o zisk, ktorý je jedným z hlavných motívov podnikania.

Firma musí byť schopná, čo najlepšie reagovať na požiadavky zákazníkov, čo v prípade nezávislého dopytu po jej výrobkoch nie je až také jednoduché. Keďže požiadavky od odberateľov prichádzajú náhodne, firma by mala viac dbať na **udržiavanie poistnej zásoby** skladových položiek. Poistná zásoba pokryje vysoké percento výkyvov dopytu, ktorý je nezávislý, a s vysokou pravdepodobnosťou ochráni firmu pred nenaplnením potrieb zákazníkov, ktoré by v prípade vyčerpania zásob mohli nastať.

Ďalším dôležitým rozhodnutím je, aká veľká by mala byť poistná zásoba, resp. aký stupeň úplnosti dodávky by mala firma zvoliť. Čím je hodnota stupňa úplnosti dodávky vyššia, tým sa zvyšuje pravdepodobnosť uspokojenia celého dopytu počas intervalu neistoty, no zároveň rastie množstvo uskladneného materiálu, ktoré zvyšuje náklady spojené so skladovaním a obmedzuje možnosť uskladnenia ďalších zásob. Podľa (6) je

najvhodnejšie voliť stupeň úplnosti dodávky z intervalu $\langle 0,84; 0,99 \rangle$. Pre α menšie, než je spodná hranica intervalu, by už bola pravdepodobnosť vyčerpania zásob položky vysoká. To, aké konkrétne číslo z tohto intervalu zvoliť, záleží na rozhodnutí manažmentu firmy. Ten by mal určiť, akú hodnotu finančných prostriedkov si firma môže dovoliť držať v zásobách. Je možné voliť rozličný stupeň úplnosti dodávky pre každý plech v závislosti na jeho dôležitosti.

Spolu s udržiavaním poistnej zásoby je podstatný **bod vystavenia novej objednávky**. Firma by mala objednávať pri poklese zásob na jeho úroveň, inak udržiavanie poistnej zásoby stráca na význame. Pripomeňme, že každej norme poistnej zásoby odpovedá iná hodnota bodu znovuobjednávky.

Udržiavanie normy poistnej zásoby a rešpektovanie bodu novej objednávky sú dva hlavné návrhy na zefektívnenie riadenia zásob vo vybranej firme. Na ich výpočet môže firma použiť program, ktorý bol vytvorený ako súčasť tejto práce a bude predstavený v ďalšej kapitole.

3.3 Program

Jedným z cieľov tejto práce bolo vytvoriť jednoduchý program, ktorý pomôže zamestnancom vybranej firmy optimalizovať riadenie skladových zásob. Počas roku 2016 zápolila firma mnoho krát s nedostatkom kľúčových druhov zásob na sklade. Vzhľadom k tomu, že dopyt po väčšine jej komponentov je nezávislý, zamestnanci nie vždy dokázali optimálne predpovedať jeho budúcu hodnotu, kvôli čomu nevystavili novú objednávku tak skoro, aby počas intervalu neistoty neprišlo k vyčerpaniu zásob.

To bolo hlavným motívom k vytvoreniu programu, ktorý v budúcnosti umožní firme predísť podobným problémom. Vďaka nemu budú môcť zamestnanci analyzovať riadenie zásob v predchádzajúcich obdobiach a získajú informácie o rýchlosti spotreby v jednotlivých cykloch, ich dĺžke či dobe, do ktorej by boli zásoby na sklade spotrebované. Na výpočet týchto údajov program využíva vybrané štatistické metódy a jednotlivé výpočty zaznamenáva do prehľadných tabuliek, v ktorých sa budú zamestnanci ľahko schopní orientovať, čo im umožní rýchle porovnanie a vyhodnotenie riadenia zásob počas daného obdobia. Údaje si budú môcť prehliadnuť aj

prostredníctvom grafov, ktoré sú vykresľované zo zdrojových dát a poskytujú komplexnejší pohľad na stav analyzovaných zásob na sklade.

Veľkým prínosom programu je, že zo zdrojových dát predpovie budúci dopyt, na základe ktorého následne vypočíta, pri akej úrovni jednotlivých druhov skladových zásob je potrebné vystaviť novú objednávku. Ďalej stanoví veľkosť poistnej zásoby, ktorú by si mala firma udržiavať, aby bola schopná počas intervalu neistoty splniť veľmi vysoké percento objednávok.

Program tiež umožní zamestnancom vkladať nové údaje o veľkosti príjmu zásob na sklad a ich spotrebe. Tieto údaje program spracuje a vypočíta, kedy pravdepodobne dôjde k vyčerpaniu zásob. Okrem toho tiež pomocou regresnej analýzy určí, kedy hladina zásob pravdepodobne poklesne na úroveň, pri ktorej bude potrebné daný druh zásob znovu objednať, čo umožní firme lepšie plánovať budúce činnosti týkajúce sa riadenia zásob.

Ako programovací jazyk bol zvolený Microsoft Visual Basic for Application, ktorý je dostupný ako súčasť MS Excel v balíku MS Office. Program spracováva údaje týkajúce sa troch druhov skladových zásob, ktoré sú základom tejto práce, a analyzuje ich spotrebu v roku 2016. Je možné ho upraviť, aby spracovával viac druhov zásob za ľubovoľné obdobie podľa potrieb firmy.

Spustenie programu

Po otvorení programu musí užívateľ povoliť makrá, aby mohol program správne fungovať. Následne sa mu otvorí úvodná strana:

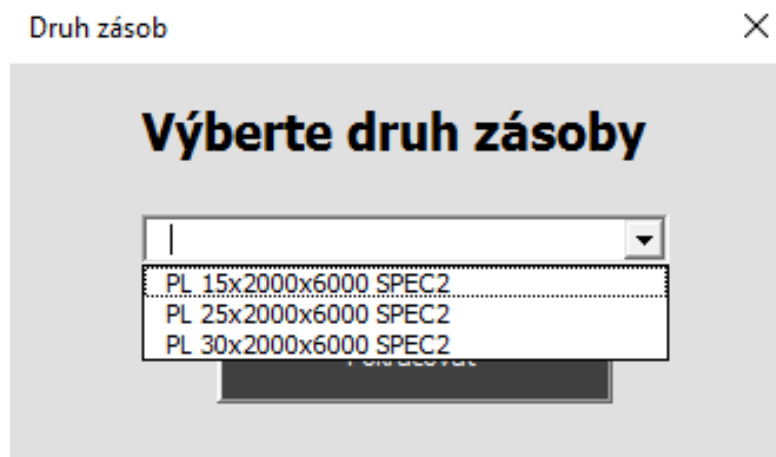


Obrázok 1: Úvodná strana programu (Zdroj: vlastné spracovanie)

Úvodná strana obsahuje tlačidlo pomocníka (otáznik vpravo hore), ktorý užívateľovi napovie, ako má v programe pokračovať, a tlačidlo Analýzy stavu zásob. Po kliknutí naň sa zobrazí formulár, v ktorom si užívateľ vyberie, ktorý druh zásoby si praje zanalyzovať.

A screenshot of a software dialog box. The title bar at the top says "Druh zásob" and has a close button (X) on the right. The main content area has a heading "Výberte druh zásoby" in bold. Below the heading is a dropdown menu with a white background and a small downward arrow on the right. At the bottom of the dialog is a dark grey button with the text "Pokračovať" in white.

Obrázok 2: Formulár pre výber plechu (Zdroj: vlastné spracovanie)



Obrázok 3: Rozbalený formulár pre výber plechu (Zdroj: vlastné spracovanie)

Po výbere položky a kliknutí na tlačidlo Pokračovať sa zobrazí hárok obsahujúci zdrojové dáta o danom druhu zásoby a ovládací panel umožňujúci ich spracovanie.

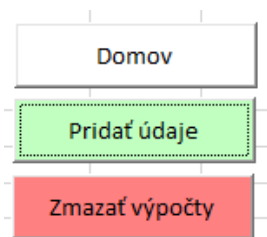


Obrázok 4: Ovládací panel (Zdroj: vlastné spracovanie)

Pomocou prepínacieho tlačidla Zobraziť zdrojové dáta/Skryť zdrojové dáta je možné skryť, resp. zobraziť údaje, na základe ktorých program vykonáva analýzu. Toto tlačidlo slúži predovšetkým na sprehládnenie obsahu hárku. Pomocou políчок na odškrtnutie užívateľ volí, aký druh výpočtov si praje vykonať. Keď má zvolené, klikne na Vypočítaj a žiadané údaje sa mu zobrazia v tabuľkách pod ovládacím panelom. Tlačidlo domov mu umožní vrátiť sa na úvodnú stranu.

V prípade, že program počíta Analýzu zásob, sa v hárku zobrazia spočítané dáta pre každý dodávky cyklus. Pomocou prepínacieho tlačidla ZOBRAZIŤ GRAF/SKRYŤ GRAF môže užívateľ nahliadnuť do grafického znázornenia stavu zásoby v danom cykle.

Po kliknutí na tlačidlo Vypočítaj sa okrem tabuliek s výpočtami zobrazia aj dve nové tlačidlá.



Obrázok 5: Ovládacie tlačidlá (Zdroj: vlastné spracovanie)

Pomocou Zmazať výpočty užívateľ nastaví daný hárok do východiskovej pozície. Po kliknutí na Pridať údaje sa zobrazí formulár umožňujúci zadávať nové dáta.

Obrázok 6: Formulár pre pridanie údajov (Zdroj: vlastné spracovanie)

Pomocník (vpravo hore) užívateľovi napovie, ako má údaje zadávať. V prípade, že chce zadať dáta pre viac než tri dni, klikne na tlačidlo Pridať pole, ktoré vloží do formulára ďalšie textové polia. Pomocou Uložiť sa nové údaje pridajú na koniec zdrojových dát. Ich následnú analýzu užívateľ vykoná pomocou hlavného ovládacieho panelu, kde zaškrtnie políčko Analýzy zásob a klikne Vypočítaj. Prepočítané údaje sa zobrazia v prehľadnej tabuľke na spodnej časti hároku.

Použitie programu na nové dáta

Okrem dát o príjme a spotrebe plechov za celý rok 2016 máme k dispozícii aj rovnaké údaje týkajúce sa prvých dní roku 2017. Použijúc vytvorený program, pozrime sa na to, kedy by mal podnik v prípade troch sledovaných plechov vystaviť novú objednávku pri dvoch úrovniach normy poistnej zásoby.

Začnime plechom **PL 25x2000x6000 SPEC2**. Údaje z prvých dní januára 2017 sú zaznamenané v nasledujúcej tabuľke:

Dátum	Spotreba	Príjem
3.1.2017		31200
4.1.2017	-9600,36	

5.1.2017	-7199,64	
----------	----------	--

Tabuľka 10: Pridané údaje k PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Zapneme program, zvolíme plech PL 25x2000x6000 SPEC2 a klikneme na tlačidlo Pridať dáta. Predtým však musíme v programe vykonať analýzu predchádzajúcich zásob a vypočítať normu poistnej zásoby a bodu znovuobjednávky. S týmito údajmi totiž program potrebuje pracovať.

Obrázok 7: Formulár pridania nových údajov pre PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Nezáleží na tom, či užívateľ zadáva spotrebu ako kladné či záporné číslo, program ju vždy uloží so záporným znamienkom. Takýto druh dát bude uložený do nového cyklu. V prípade, že by nedošlo k príjmu zásob na sklad, ale len k spotrebe, užívateľ by prvé políčko nechal prázdne a vyplnil len polia týkajúce sa spotreby. Údaje by boli doplnené do predchádzajúceho dodávkového cyklu. To všetko sa dá zistiť pomocou pomocníka vo formulári.

Po uložení dát je potrebné znovu vykonať analýzu zásob.

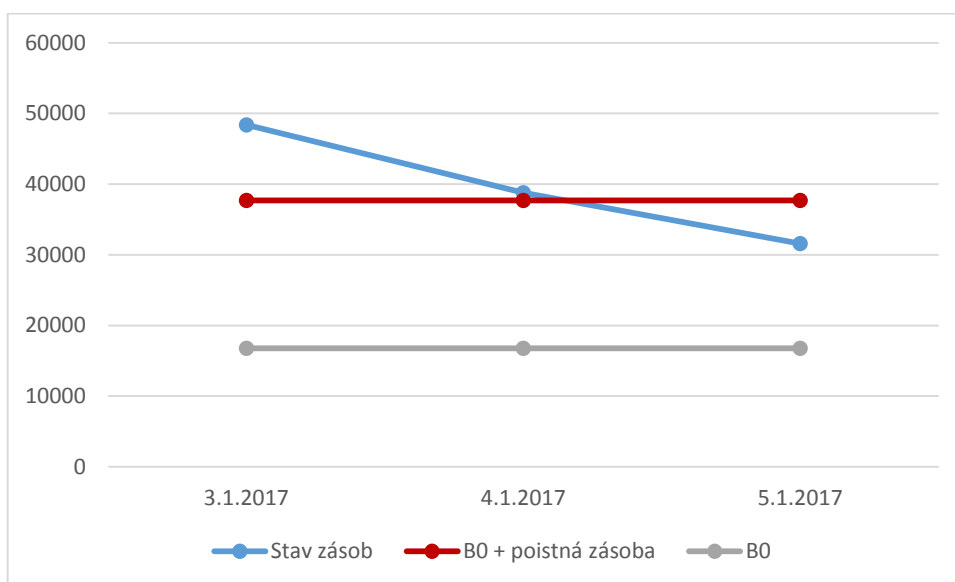
Obrázok 8: Ovládací panel (Zdroj: vlastné spracovanie)

Na spodnú časť hárku sa uložia výsledky z nových dát:

PRIDANÉ ÚDAJE:						
Cyklus	Regresná priamka	R ²	Dni do vyčerpania	Deň vyčerpania	B0 pre alfa=0,50	B0 pre alfa=0,95
35 .cyklus	z=47988,1-8399,5t	0,9932	6	09.01.2017	07.01.2017	05.01.2017

Obrázok 9: Výpočty nových údajov pre PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Podľa výpočtov by k vyčerpaniu dát došlo 9.1.2017. V prípade, že by firma neudržiavala poistnú zásobu, by mala vystaviť objednávku 7.1.2017. V tom prípade by bola stupeň úplnosti dodávky 50%. V prípade stupňa úplnosti dodávky 95% by mali zamestnanci vytaviť objednávku 5.1. Tohto dňa sa tiež týka aj posledný údaj o spotrebe daného materiálu. Po zobrazení zdrojových dát môžeme vidieť, že na konci dňa 4.1. bolo na sklade 38788,27 kg tohto plechu. 5.1. je táto hodnota už len 31589,27 kg, čo je pod bodom objednávky pre stupeň úplnosti dodávky 95%, ktorý má hodnotu 37699,66 kg. Bod znovuobjednávky je však počítaný pomocou regresnej priamky a je určený podľa toho, kedy práve regresná priamka klesne na alarmujúcu úroveň. Preto treba dbať aj na koeficient determinácie, či na skutočný stav zásob pri vyvodzovaní záveru z údajov získaných z programu.



Graf 20: Bod znovuobjednávky pre PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Vidíme, že stav zásob ešte nedosiahol bod znovuobjednávky uvažovaného bez normy poistnej zásoby, ale poklesol pod bod znovuobjednávky uvažovaného s normou poistnej zásoby na začiatku dňa 5.1.

Obdobne postupujeme aj pre plech **PL 15x2000x6000 SPEC2**.

Dátum	Spotreba	Príjem
3.1.2017		25920
4.1.2017	-5760	
13.1.2017	-17291,87	

Tabuľka 11: Nové údaje pre PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Obrázok 10: Vyplnený formulár pre pridanie údajov PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

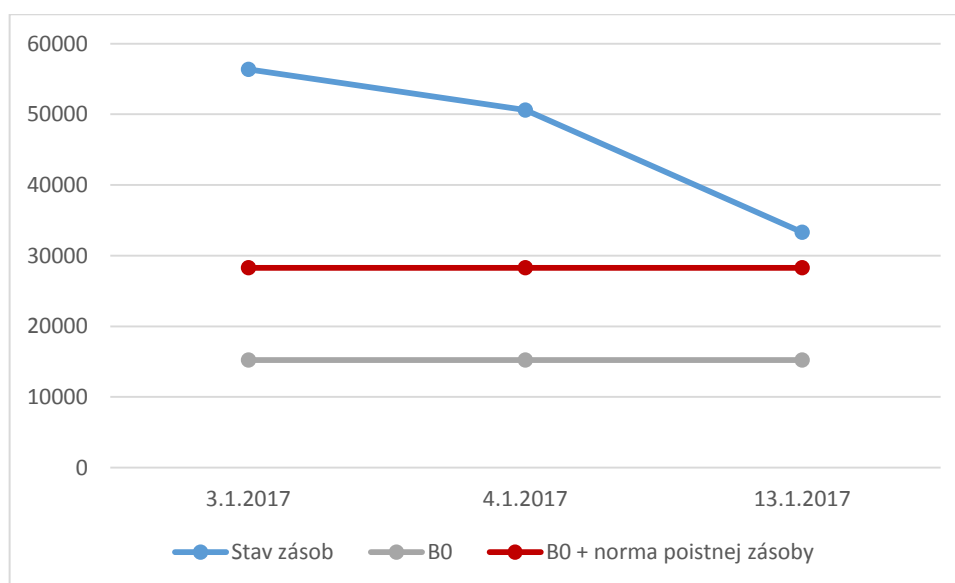
A dostávame výsledok:

PRIDANÉ ÚDAJE:						
Cyklus	Regresná priamka	R ²	Dni do vyčerpania	Deň vyčerpania	B0 pre alfa=0,50	B0 pre alfa=0,95
33 .cyklus	z=54648,79-2153,24t	0,9772	26	29.01.2017	22.01.2017	16.01.2017

Obrázok 11: Výpočty nových údajov pre PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Spotrebovávané množstvo teda pravdepodobne poklesne pod bod znovubjednávky 22.1. V prípade, že uvažujeme aj normu poistnej zásoby, 16.1.

Pokiaľ bude naďalej dochádzať k spotrebe materiálu do tohto dátumu, stačí, ak firma pridá do programu ďalšie údaje o spotrebe. Tie budú zaradené od posledného cyklu, regresná analýza sa prepočíta a aktualizujú sa údaje o pravdepodobnom dosiahnutí bodu znovuobjednávky.



Graf 21: Bod znovuobjednávky pre PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Nakoniec analogicky spočítame kedy pravdepodobne nastane bod zновуobjednávky pre **PL 30x2000x6000 SPEC2**.

Dátum	Spotreba	Príjem
3.1.2017		23040
4.1.2017	-5760,16	
5.1.2017	-11513,48	
12.1.2017	-8630	

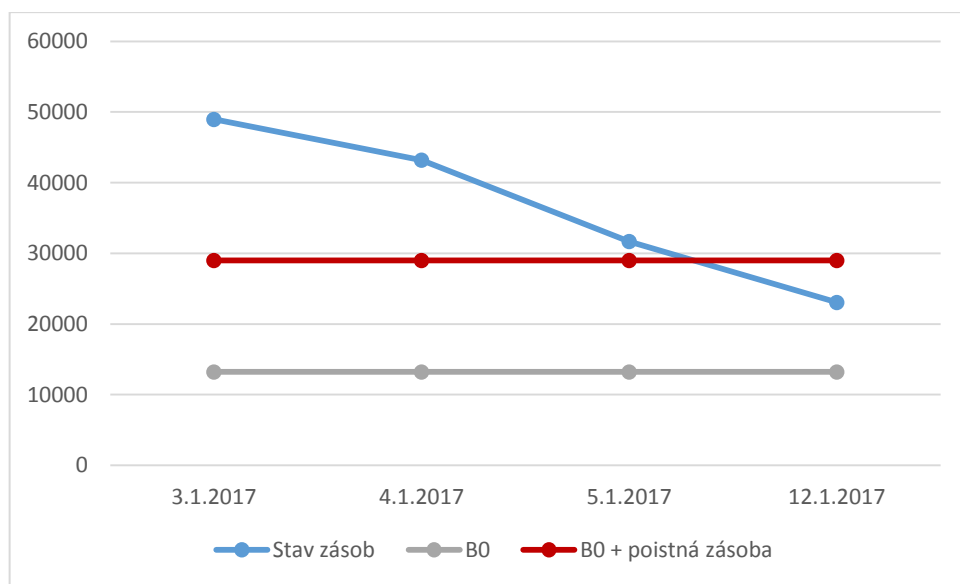
Tabuľka 12: Nové údaje pre PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Z programu dostaneme výsledky:

PRIDANÉ ÚDAJE:						
Cyklus	Regresná priamka	R ²	Dni do vyčerpania	Deň vyčerpania	B0 pre alfa=0,50	B0 pre alfa=0,95
32 .cyklus	z=44322,75-2532,5t		0,7941	18	21.01.2017	16.01.2017
					10.01.2017	

Obrázok 12: Výpočty pre nové údaje PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

A graficky:



Obrázok 13: Bod zновуobjednávky pre PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo zefektívniť riadenie zásob vo vybranej firme, pretože v zásobách sa viaže vysoké množstvo peňažných prostriedkov a ich efektívne riadenie môže predstavovať dôležitú konkurenčnú výhodu.

V tejto práci boli na riadenie zásob použité štatistické metódy: predovšetkým regresná analýza a analýza časových radov, pričom sme vychádzali z modelu nezávislého dopytu. V prvej časti práce boli načrtnuté teoretické východiská, na základe ktorých bola v ďalšej časti urobená analýza stavu zásob za rok 2016 z dát poskytnutých firmou. Pomocou výpočtov boli zodpovedané otázky: „*Kedy dôjde k vyčerpaniu zásob?*“, „*Kedy treba vystaviť novú objednávku?*“ a „*Aká má byť výška poistnej zásoby?*“.

V návrhovej časti boli interpretované údaje získané z analýzy a predstavené možné riešenia na zlepšenie situácie, ktoré by mali firme v budúcnosti uľahčiť rozhodovanie ohľadom zásob a tiež viesť k vyššiemu spĺňaniu potrieb zákazníkov počas intervalu neistoty. Na konci bol opísaný program, ktorý bol vytvorený ako súčasť tejto práce a ktorý by mal slúžiť ako prostriedok k dosiahnutiu zefektívnenia riadenia zásob v danej firme.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. **ANDĚL, Jiří.** *Matematická statistika.* 2. Praha : SNTL, 1978. s. 346.
2. **HÜBNEROVÁ, Zuzana.** Pravděpodobnost a statistika 2. *Prednáška.* Brno : VUT FSI, 15. 3 2016.
3. **HINDLS, Richard, Stanislava HRONOVÁ a Jan SEGER.** *Statistika pro ekonomy.* 4. dopl. vyd. Praha : Professional Publishing, 2003. ISBN 80-86419-52-5.
4. **KROPÁČ, Jiří.** *Statistika B: jednorozměrné a dvourozměrné datové soubory, regresní analýza, časové řady.* 2. dopl. vyd. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2009. ISBN 978-80-214-3984-9.
5. **HORÁKOVÁ, Helena a Jiří KUBÁT.** *Řízení zásob: Logistické pojetí, metody, aplikace, praktické úlohy.* 3.přepr. Praha : Profess Consulting, 1998. s. 236. ISBN 80-85235-55-2.
6. **KROPÁČ, Jiří.** *Statistika C: statistická regulace, indexy způsobilosti, řízení zásob, statistické přejímky.* 2. prep. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská : s.n., 2012. s. 100. ISBN 978-80-7204-789-5.

ZOZNAM GRAFOV

Graf 1: Ročná spotreba plechov vo vybranej firme [kg]	27
Graf 2: Stav PL 25x2000x6000 SPEC2	28
Graf 3: Vyrovnaný stav zásob PL 25x2000x6000 SPEC2 počas prvého cyklu	29
Graf 4: Mesačná spotreba PL 25x2000x6000 SPEC2	32
Graf 5: Vyrovnaná mesačná spotreba PL 25x2000x6000 SPEC2	33
Graf 6: Priemerná mesačná spotreba PL 25x2000x6000 SPEC2	34
Graf 7: Stav PL 15x2000x6000 SPEC2 na sklade	37
Graf 8: Vyrovnaný stav zásob PL 15x2000x6000 SPEC2 počas prvého cyklu	38
Graf 9: Mesačná spotreba PL 15x2000x6000 SPEC2	41
Graf 10: Vyrovnaná mesačná spotreba PL 15x2000x6000 SPEC2	42
Graf 11: Priemerná spotreba PL 15x2000x6000 SPEC2	44
Graf 12: Stav PL 30x2000x6000 SPEC2	46
Graf 13: Vyrovnaný stav zásob PL 30x2000x6000 SPEC počas prvého cyklu	47
Graf 14: Mesačná spotreba PL 30x2000x6000 SPEC2	50
Graf 15: Vyrovnaná mesačná spotreba PL 30x2000x6000 SPEC2	51
Graf 16: Priemerná mesačná spotreba PL 30x2000x6000 SPEC2	52
Graf 17: Denný stav PL 25x2000x6000 SPEC2	54
Graf 18: Denný stav PL 15x2000x6000 SPEC2	56
Graf 20: Denný stav PL 30x2000x6000 SPEC2	56
Graf 21: Bod znovuobjednávky pre PL 25x2000x6000 SPEC2	64
Graf 21: Bod znovuobjednávky pre PL 15x2000x6000 SPEC2	65

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Regresné priamky pre spotrebu PL 25x2000x6000 SPEC2	30
Tabuľka 2: Doplnujúce údaje k regresnej analýze plechu PL 25x2000x6000 SPEC2 ...	31
Tabuľka 3: Mesačná spotreba PL 25x2000x6000 SPEC2	32
Tabuľka 4: Regresné priamky pre spotrebu PL 15x2000x6000 SPEC2	40
Tabuľka 5: Doplnujúce údaje k regresnej analýze PL 15x2000x6000 SPEC2	41
Tabuľka 6: Mesačná spotreba PL 15x2000x6000 SPEC2	41
Tabuľka 7: Regresné priamky pre PL 30x2000x6000 SPEC2	48

Tabuľka 8: Doplnujúce údaje k regresnej analýze PL 30x2000x6000 SPEC2	49
Tabuľka 9: Mesačná spotreba PL 30x2000x6000 SPEC2.....	50
Tabuľka 12: Pridané údaje k PL 25x2000x6000 SPEC2.....	63
Tabuľka 13: Nové údaje pre PL 15x2000x6000 SPEC2	64
Tabuľka 12: Nové údaje pre PL 30x2000x6000 SPEC2	66

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1: Úvodná strana programu.....	60
Obrázok 2: Formulár pre výber plechu.....	60
Obrázok 3: Rozbalený formulár pre výber plechu.....	61
Obrázok 4: Ovládací panel	61
Obrázok 5: Ovládacie tlačidlá.....	62
Obrázok 6: Formulár pre pridanie údajov.....	62
Obrázok 7: Formulár pridania nových údajov pre PL 25x2000x6000 SPEC2.....	63
Obrázok 8: Ovládací panel	63
Obrázok 9: Výpočty nových údajov pre PL 25x2000x6000 SPEC2.....	63
Obrázok 10: Vyplnený formulár pre pridanie údajov PL 15x2000x6000 SPEC2	65
Obrázok 11: Výpočty nových údajov pre PL 15x2000x6000 SPEC2.....	65
Obrázok 12: Výpočty pre nové údaje PL 30x2000x6000 SPEC2	66
Obrázok 13: Bod znovuobjednávky pre PL 30x2000x6000 SPEC2	66

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1: Zdrojové dáta k PL 25x2000x6000 SPEC2	i
Príloha 2: Zdrojové dáta pre PL 15x2000x6000 SPEC2	ii
Príloha 3: Zdrojové dáta pre PL 30x2000x6000 SPEC2	iv

PRÍLOHY

Príloha 1: Zdrojové dáta k PL 25x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

	Dátum	Spotreba [kg]	Prijem [kg]	Stav [kg]		Dátum	Spotreba [kg]	Prijem [kg]	Stav [kg]
				9600,00	17 .cyklus	09.6.2016		24000	59560,904
1 .cyklus	11.1.2016		7200	16800	18 .cyklus	13.6.2016	-24001		35559,904
	12.1.2016	-2078,65		14721,35		14.6.2016	-11999,84	21600	45160,064
	13.1.2016	-2400		12321,35	19 .cyklus	20.6.2016	-14399,954		30760,11
	14.1.2016	-4800		7521,35		21.6.2016	-1152,88		29607,23
	15.1.2016	-2396,99		5124,36	20 .cyklus	28.6.2016	-26327,45	55200	58479,78
2 .cyklus	19.1.2016		24000	29124,36		29.6.2016	-5760,06		52719,72
	20.1.2016	-14400		14724,36	21 .cyklus	30.6.2016	-4800,06		47919,66
	21.1.2016	-9600		5124,36		07.7.2016	-4800,12		43119,54
	25.1.2016	-2227,5		2896,86	22 .cyklus	08.7.2016	-1041,31	33600	75678,23
	29.1.2016	-2400		496,86		13.7.2016		2400	78078,23
3 .cyklus	02.2.2016		16800	17296,86	23 .cyklus	14.7.2016	-19200,69		58877,54
	03.2.2016	-14394,07		2902,79		20.7.2016	-14399,8		44477,74
	04.2.2016	-2405,93		496,86	24 .cyklus	02.8.2016	-2400,94		42076,8
4 .cyklus	08.2.2016		12000	12496,86		03.8.2016		14400	56476,8
	11.2.2016	-11999,95		496,91	25 .cyklus	08.8.2016	-4799,92		51676,88
5 .cyklus	15.2.2016		48000	48496,91		09.8.2016	-2400		49276,88
	16.2.2016	-12000,15		36496,76	26 .cyklus	11.8.2016	-9600		39676,88
	17.2.2016	-2400,01		34096,75		15.8.2016	-1478,81	7200	45398,07
	18.2.2016	-9599,68		24497,07	27 .cyklus	17.8.2016	-7199,94		38198,13
	19.2.2016	-12494,97		12002,1		18.8.2016	-9600		28598,13
	22.2.2016	-12000,24		1,86	28 .cyklus	24.8.2016		31200	59798,13
6 .cyklus	29.2.2016		64800	64801,86		26.8.2016	-4800		54998,13
	01.3.2016	-10401,86		54400	29 .cyklus	02.9.2016	-9601,39		45396,74
	02.3.2016	-7200,33		47199,67		07.9.2016	-9597,14		35799,6
	04.3.2016	-4799,96		42399,71	30 .cyklus	08.9.2016	-2520,02		33279,58
	07.3.2016	-4800,03		37599,68		12.9.2016		12000	45279,58
	09.3.2016			37599,68	31 .cyklus	16.9.2016	-2400,04		42879,54
	10.3.2016	-7199,94		30399,74		20.9.2016		31200	74079,54
	11.3.2016	-4800		25599,74	32 .cyklus	28.9.2016	-12481,27		61598,27
7 .cyklus	14.3.2016	-7201,44	14400	32798,3		29.9.2016	-14396,3		47201,97
	15.3.2016	-9600,4		23197,9	33 .cyklus	30.9.2016	-2400		44801,97
	16.3.2016	-7200,06		15997,84		05.10.2016	-21600,62	7200	30401,35
	17.3.2016	-11997,84		4000		11.10.2016	-7199,92		23201,43

8 .cyklus	22.3.2016		24000	28000	28 .cyklus	13.10.2016	-4800	24000	42401,43
	23.3.2016	-4800,04		23199,96		14.10.2016	-2400,72		40000,71
	24.3.2016	-12000,1		11199,86		17.10.2016	-16802,49		23198,22
9 .cyklus	29.3.2016	-9601,12		1598,74	29 .cyklus	19.10.2016		12000	35198,22
	01.4.2016		21600	23198,74		21.10.2016	-4800		30398,22
	07.4.2016	-7200,07		15998,67	30 .cyklus	24.10.2016		38400	68798,22
10 .cyklus	14.4.2016		45600	61598,67		26.10.2016	-3707,15		65091,07
	15.4.2016	-14060,01		47538,66		28.10.2016	-7200,12		57890,95
	18.4.2016	-7200,1		40338,56		31.10.2016	-4800,16		53090,79
11 .cyklus	19.4.2016		10080	50418,56	31 .cyklus	02.11.2016	-9600,08	9600	53090,71
	25.4.2016	-5564,626		44853,934		04.11.2016	-14400,26		38690,45
	26.4.2016	-16800,13		28053,804		08.11.2016	-2399,85		36290,6
12 .cyklus	27.4.2016		24000	52053,804	32 .cyklus	09.11.2016		60000	96290,6
	28.4.2016	-974		51079,804		10.11.2016	-19200,61		77089,99
	29.4.2016	-7200		43879,804		14.11.2016	-7199,88		69890,11
13 .cyklus	02.5.2016		31680	75559,804		15.11.2016	-2400,11		67490
	06.5.2016	-24000,72		51559,084		16.11.2016	-12000,09		55489,91
	11.5.2016	-7200,06		44359,024		22.11.2016	-15494		39995,91
14 .cyklus	16.5.2016	-12000,81	19680	52038,214		25.11.2016	-4800,45		35195,46
	19.5.2016	-4800,08		47238,134		28.11.2016	-2400,85		32794,61
	20.5.2016	-7200,04		40038,094		29.11.2016	-4800,74		27993,87
	23.5.2016	-7200,73		32837,364		01.12.2016	-7201,34		20792,53
15 .cyklus	25.5.2016	-197	12000	44640,364		09.12.2016	-14400		6392,53
	26.5.2016	-9800,34		34840,024	33 .cyklus	12.12.2016		31200	37592,53
	27.5.2016	-5759,92		29080,104		13.12.2016	-11808,21		25784,32
	31.5.2016	-2520		26560,104		14.12.2016	-7200,16		18584,16
16 .cyklus	02.6.2016	-4799,98	43200	64960,124		15.12.2016	-14400,06		4184,1
	06.6.2016	-21900,18		43059,944	34 .cyklus	16.12.2016	-2395,15		1788,95
	08.6.2016	-7499,04		35560,904		20.12.2016		36035	37823,95
						21.12.2016	-14400,56		23423,39
						23.12.2016	-3835,11		19588,28
						28.12.2016	-2400,01		17188,27

Príloha 2: Zdrojové dáta pre PL 15x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

	Dátum	Spotreba [kg]	Prijem [kg]	Stav [kg]		Dátum	Spotreba [kg]	Prijem [kg]	Stav [kg]
1 .cyklus				12960,00	17 .cyklus	08.7.2016		28800	34806,1
	12.1.2016		24480	37440		12.7.2016	-10079,85		24726,25
	13.1.2016	-5760		31680		13.7.2016	-7200,15		17526,1
	18.1.2016	-5760,1		25919,9		14.7.2016	-8640,15		8885,95

	21.1.2016	-1440,01		24479,89	18 .cyklus	15.7.2016	-1440,05	10080	17525,9
	26.1.2016	-4320,49		20159,4		18.7.2016	-2879,98		14645,92
	27.1.2016	-7199,94		12959,46		19.7.2016	-8640		6005,92
	28.1.2016	-11519,8		1439,66		21.7.2016	-4319,85		1686,07
	29.1.2016	-1191,21		248,45	19 .cyklus	22.7.2016		23040	24726,07
2 .cyklus	08.2.2016		7200	7448,45		03.8.2016	-1439,95		23286,12
	10.2.2016	-2878,57		4569,88	20 .cyklus	04.8.2016		24480	47766,12
	11.2.2016	-4320,18		249,7		09.8.2016	-15840,38	24480	56405,74
3 .cyklus	15.2.2016		24480	24729,7	21 .cyklus	10.8.2016	-10080		46325,74
	16.2.2016	-		8889,62		11.8.2016	-8640		37685,74
	19.2.2016	-8641,17		248,45	22 .cyklus	15.8.2016		18720	56405,74
4 .cyklus	25.2.2016		24480	24728,45		17.8.2016	-2879,96		53525,78
	26.2.2016	-24480		248,45		19.8.2016	-1440		52085,78
5 .cyklus	02.3.2016		24480	24728,45		22.8.2016	-2880,15		49205,63
	03.3.2016	-5755,46		18972,99		23.8.2016	-4319,92		44885,71
	04.3.2016	-		8894,44	23 .cyklus	24.8.2016		15840	60725,71
6 .cyklus	08.3.2016	-1440	24480	31934,44		30.8.2016		7200	67925,71
	09.3.2016	-		18974,56	24 .cyklus	31.8.2016	-8637,52		59288,19
	10.3.2016	-7200,16		11774,4		05.9.2016	-2880,64		56407,55
	11.3.2016	-2600,3		9174,1		06.9.2016	-14399,9		42007,65
7 .cyklus	14.3.2016		37440	46614,1	25 .cyklus	07.9.2016	-5760	21600	57847,65
	15.3.2016	-		26453,98		08.9.2016	-7201,4		50646,25
	18.3.2016	-7200,77		19253,21		09.9.2016	-5760,06		44886,19
	21.3.2016	-9577,06		9676,15		20.9.2016	-2879,96		42006,23
	29.3.2016	-5760,46		3915,69		21.9.2016	-1440		40566,23
8 .cyklus	31.3.2016	-511,5	34560	37964,19		26.9.2016	-4320		36246,23
	07.4.2016	-		16363,42		27.9.2016	-1440,33		34805,9
	08.4.2016	-8641,69		7721,73		29.9.2016	-2880		31925,9
	12.4.2016	-1440,4		6281,33		30.9.2016	-1440,03		30485,87
9 .cyklus	14.4.2016		56160	62441,33		04.10.2016	-4320,23		26165,64
	15.4.2016	-4320		58121,33		05.10.2016	-15840		10325,64
	18.4.2016	-		37960,15		10.10.2016	-2935,35		7390,29
	19.4.2016	-		22119,4	26 .cyklus	11.10.2016	-2880	27360	31870,29
	20.4.2016	15840,75		16359,32		12.10.2016	-1440,47		30429,82
	26.4.2016	-5760,08		13479,36		13.10.2016	-20161,15		10268,67
10 .cyklus	29.4.2016	-2880,9	50400	60998,46	27 .cyklus	19.10.2016		25920	36188,67
	02.5.2016	-5759,88		55238,58		24.10.2016		37440	73628,67
	05.5.2016	-12960,1		42278,48	28 .cyklus	25.10.2016	-14305,8		59322,87
11 .cyklus	06.5.2016	-1440,01	17280	58118,47		26.10.2016	-7200		52122,87

	09.5.2016	-1439,98		56678,49	29 .cyklus	31.10.2016	-20159,84		31963,03
	10.5.2016	-2880,14		53798,35		02.11.2016	-5760		26203,03
	12.5.2016	-8641,92		45156,43		07.11.2016	-4320,63		21882,4
	13.5.2016	-2879,96		42276,47		09.11.2016	-10082		11800,4
	18.5.2016	-4319,85		37956,62		10.11.2016	-5760,24	31680	37720,16
	19.5.2016	-5760,05		32196,57		11.11.2016	-2880,54		34839,62
	23.5.2016	-	11520,02	20676,55		30 .cyklus	15.11.2016		31680
12 .cyklus	24.5.2016	-25	4320	24971,55	16.11.2016		-2880,02		63639,6
	26.5.2016	-7200,5		17771,05	21.11.2016		-13030,34		50609,26
	27.5.2016	-5760		12011,05	22.11.2016		-2976		47633,26
	31.5.2016	-7200,01		4811,04	23.11.2016		-5759,88		41873,38
	03.6.2016	-1440,04		3371	25.11.2016		-7200,54		34672,84
	13 .cyklus	06.6.2016		14400	17771		02.12.2016	-2880,53	
09.6.2016		-		1935,38	05.12.2016		-21600,89		10191,42
10.6.2016		-246,93		1688,45	07.12.2016		-2880,02		7311,4
14 .cyklus		15.6.2016		28800	30488,45	09.12.2016	-1440,4		5871
	16.6.2016	-8640,2		21848,25	31 .cyklus	12.12.2016	-1437,17	33120	37553,83
	17.6.2016	-		6008,12		14.12.2016	-2879,84		34673,99
15 .cyklus	20.6.2016		15840	21848,12		16.12.2016	-11063,8		23610,19
	22.6.2016	-		7446,84		19.12.2016	-1440,03		22170,16
16 .cyklus	27.6.2016		27360	34806,84	32 .cyklus	20.12.2016		23040	45210,16
	30.6.2016	-		14646,31		21.12.2016	-2879,9		42330,26
	06.7.2016	-4320,3		10326,01		22.12.2016	-2880		39450,26
	07.7.2016	-4319,91		6006,1		27.12.2016	-6133,04		33317,22
							28.12.2016	-2879,96	
					33 .cyklus	3.1.2017		25920	56357,26
						4.1.2017	-5760		50597,26
						13.1.2017	-17291		33306,26

Príloha 3: Zdrojové dáta pre PL 30x2000x6000 SPEC2 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

	Dátum	Spotreba [kg]	Prijem [kg]	Stav [kg]		Dátum	Spotreba [kg]	Prijem [kg]	Stav [kg]
1 .cyklus				10080	15 .cyklus	28.6.2016		37440	52071,06
	03.01.2016		10080	20160		29.6.2016	-5760		46311,06
	04.1.2016	-2880		17280		30.6.2016	-215		46096,06
	05.1.2016	-11520		5760		01.7.2016	-11520,46		34575,6
	15.1.2016	-2880		2880		06.7.2016	-23040		11535,6
	29.1.2016	-2880		4,54747E-13		08.7.2016	-2880,5		8655,1
2 .cyklus	02.2.2016		11520	11520		14.7.2016	-5760,22		2894,88

3 .cyklus	08.2.2016	-11520	5760	5760	16 .cyklus	21.7.2016	-2894,88		1,68257E-11
	09.2.2016	-2880,9		2879,1		22.7.2016		46080	46080
	10.2.2016	-2879,1		-1,36424E-12		04.8.2016		5760	51840
4 .cyklus	17.2.2016		48960	48960	17 .cyklus	08.8.2016	-5760		46080
	18.2.2016	-25920		23040		09.8.2016	-17280		28800
	19.2.2016	-8640		14400		16.8.2016	-2880,61		25919,39
5 .cyklus	01.3.2016		25920	40320		19.8.2016	-5760,22		20159,17
	02.3.2016			40320		23.8.2016	-8640		11519,17
	03.3.2016	-23039,5		17280,5		24.8.2016	-2626,14		8893,03
	04.3.2016	-2880		14400,5	18 .cyklus	25.8.2016	-8640	14400	14653,03
	09.3.2016	-14400,5		1,63709E-11		08.9.2016	-14400		253,03
6 .cyklus	14.3.2016		11520	11520	19 .cyklus	09.9.2016		14400	14653,03
	16.3.2016	-8640,78		2879,22		13.9.2016	-2880,1		11772,93
7 .cyklus	22.3.2016		8640	11519,22	20 .cyklus	14.9.2016		23040	34812,93
	23.3.2016	-2880		8639,22		16.9.2016	-5760		29052,93
	24.3.2016	-2473,48		6165,74		21.9.2016	-254		28798,93
	29.3.2016	-5761,26		404,48	21 .cyklus	22.9.2016		2880	31678,93
	31.3.2016	-404,48		1,68257E-11		26.9.2016	-8640,19		23038,74
8 .cyklus	12.4.2016		48960	48960	22 .cyklus	28.9.2016	-5760,66		17278,08
	13.4.2016	-14400		34560		30.9.2016		23040	40318,08
	14.4.2016	-14400		20160		03.10.2016	-14399,92		25918,16
	15.4.2016	-5760		14400		04.10.2016	-25918,16		1,45519E-11
	18.4.2016	-14400		1,45519E-11	23 .cyklus	06.10.2016		8640	8640
9 .cyklus	29.4.2016		34560	34560		12.10.2016	-5760		2880
	30.4.2016	-2880		31680	24 .cyklus	14.10.2016		46080	48960
	02.5.2016	-14400		17280		19.10.2016		2880	51840
10 .cyklus	06.5.2016	-14400	8640	11520	25 .cyklus	20.10.2016	-20160		31680
	10.5.2016	-8640,88		2879,12		25.10.2016		28800	60480
11 .cyklus	18.5.2016		2880	5759,12		26.10.2016	-23040,62		37439,38
	19.5.2016	-2880		2879,12	26 .cyklus	31.10.2016	-11520,58		25918,8
	20.5.2016	-2879,12		1,63709E-11		02.11.2016		2880	28798,8
12 .cyklus	24.5.2016		57600	57600	27 .cyklus	07.11.2016	-5760	5760	28798,8
	25.5.2016	-23120		34480		10.11.2016	-2880,78		25918,02
	27.5.2016	-2880		31600		14.11.2016	-23148,1		2769,92
	01.6.2016	-11520		20080	28 .cyklus	15.11.2016		34560	37329,92
	02.6.2016	-11520		8560		16.11.2016	-14400,07		22929,85
	03.6.2016	-2880,5		5679,5		18.11.2016			22929,85
	06.6.2016	-5679,5		1,45519E-11		22.11.2016	-8637,71		14292,14

13 .cyklus	16.6.2016		23040	23040	30 .cyklus	23.11.2016		23040	37332,14	
	17.6.2016	22808,92		231,08		28.11.2016	-2879,97		34452,17	
14 .cyklus	22.6.2016		20160	20391,08		06.12.2016	-17282,29		17169,88	
	23.6.2016	-5760,02		14631,06		12.12.2016	-5761,28		11408,6	
						14.12.2016	-8639,83		2768,77	
						16.12.2016	-2768,55		0,22	
						31 .cyklus	21.12.2016		31680	31680,22
							27.12.2016	-2880,34		28799,88
					28.12.2016		-2880,63		25919,25	